한국학교수학회논문집 제 26 권, 제 1 호
Journal of the Korean School Mathematics Society
Volume 26, Number 1, 49-70, March 2023
http://doi.org/10.30807/ksms.2023.26.1.003

예비수학교사의 TPACK-P 신장을 위한 강의 설계 및 효과 분석

전영주 [1] · 임해미 [2]

본 연구에서는 예비수학교사의 TPACK-P (TPACK-Programming) 신장을 위한 로봇 프로그래밍 강의를 설계하고 그 효과를 분석하였다. 강의는 분석, 탐색, 1차 마이크로티칭, 2차 마이크로티칭의 단계로 설계했는데, 각 마이크로티칭 단계에서는 설계, 적용, 평가 단계가 포함되도록 하였다. 강의의 사전, 사후에 TPACK-P 검사를 실시한 결과, TPACK의 하위 요인 중 TCK는 유의수준 1%에서, TPK, TRACK, TRACK(P)는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 평균 차이를 보였다. 문항별 종속표본 t 검정 결과, TCK, TPK, TPACK, TPACK(P) 범주에 사전보다 사후검사의 평균이 유의하게 높은 문항이 포함된 것으로 분석되었다. 이는 연구에서 설계한 강의가 예비수학교사의 TPACK-P 신장에 긍정적인 영향을 주었음을 보여준다.

주요용어 : TPACK-P, 예비교사교육, 로봇 프로그래밍

Ⅰ. 서론

최근 과학 기술의 발달로 교육에서 활용할 수 있는 공학 도구의 범주가 확대되고 있으며, 수학교육에서 공학 도구의 활용은 각국 교육과정에서 중요성이 점차 높아져 가고 있다. 우리나라의 2015 개정 수학과 교육과정에서는 매체 및 도구 활용 학습을 강조하면서 학생의 흥미를 유발하고 학습의 효율성과 다양성 신장을 위해 시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용하도록 권고하였다(교육부, 2015). 이후 2020년에는 <인공지능 수학> 과목을 도입하면서 공학적 도구를 활용한 수업을 운영할 때에는 인공지능 기술을 직접 시연해 볼 수 있는 환경을 제공하고, 설치형 또는 웹 기반의 소프트웨어를 사용하여 텍스트코딩을 다룰 것을 권장하였다(교육부, 2020). 최근 개정된 2022 개정 수학과 교육과정에서도 목적에 맞게 교구나 공학 도구를 활용하며 자료를 수집하고 처리하여 정보에 근거한 합리적 의사 결정을 하는 것을 목표로 두고 교수·학습과 평가에서 공학 도구를 의미 있게 활용할 것을 강조하였다(교육부, 2022).

Forsström & Kaufmann(2018)은 미래에는 대다수의 학생들이 4차 산업혁명 시대에 중요한 기술 개발에 참여하게 될 것이므로 프로그래밍 기술은 21세기의 핵심적인 역량이 될 것이라고 하였다. 이러한 미래의 사회적 요구를 충족시키기 위해 각국에서는 교육과정을 개선하고 교육 정책을 제안하고 있는데, 프랑스는 중고등학교 수학과 교육과정에서 내용 영역 중 하나로 '알고리즘과 프로그래밍'을 두

* MSC2010분류 : 97C70, 97D40
1) 전북대학교 교수 (jyj@jbnu.ac.kr), 제1저자
2) 공주대학교 교수 (rimhaemee@kongju.ac.kr), 교신저자

어 수학과 코딩을 함께 다루고 있으며 대학 입시인 바칼로레아에도 관련 문항을 출제하고 있다(최인용, 김화경, 이화영, 임해미, 2021). 캐나다 British Columbia 주는 수학과 교육과정에서 11, 12학년에 컴퓨터 과학(computer science) 과목을 두어 수학과 관련한 기본적인 프로그래밍 개념, 논리와 알고리즘과 컴퓨팅 사고를 강조하고 있다. 일본의 최근 수학과 교육과정에서는 '프로그래밍적 사고'를 강조하면서 수학을 비롯한 여러 교과에서 프로그래밍적 사고를 기르도록 하였으며, 영국도 2014년을 '코드의 해(The Year of Code)'로 지정하여 코딩 및 프로그래밍 교육을 학교 교육에서의 필수적인 요소로 강조하고 있다(나귀수 외, 2018).

지난 2020년 5월 발표된 '수학교육 종합계획'에서는 지능정보사회의 소양을 갖추고 세계를 선도하는 인재 양성을 목표로 최첨단 정보통신기술을 활용한 지능형 수학 교실 구축 등 학습 공간 혁신을 제시하였으며, 공학 도구 활용을 통한 수학 탐구 활동을 강조하였다. 또한 미래 핵심 역량 함양을 위해 알고리즘 개발 역량 신장 등을 위한 수학교육 내용 및 교육 방법을 개선하고 수학 중심의 소프트웨어 프로그래밍 활용 학습 과목을 개설할 것을 제시하였다. 한편 이러한 변화를 위해 가장 우선되어야 하는 것은 교사의 역량이므로 종합계획에서는 수학 기반의 문제해결형 코딩 수업 교사 연구회 운영 등을 통해 프로그래밍 코딩형 탐구 수학 수업 내용 발굴 및 교육과정 재구성할 것을 제안하였다(교육부, 2020. 5.).

수학교육에서 알고리즘과 프로그래밍 교육을 위한 프로그램으로는 스크래치, 파이썬 등이 활용되고 있으며(송정범, 2017; 이서빈, 고상숙, 2018; 김예미, 고호경, 허난, 2020), 블록 코딩을 통한 로봇 프로그래밍에 대한 연구도 이루어지고 있다(임해미, 최인선, 2019). 특히 로봇은 4차 산업혁명 시대의 대표적인 테크놀로지인만큼 이를 수학교육에 활용하는 방안에 대한 다각적인 연구가 요구된다. 산업 분야나 일상생활에서 로봇의 활용이 확대되고 있음을 고려할 때, 로봇 프로그래밍은 학교에서 가르칠 필요가 있으며 특히 과학 기술 발전과 직접 관련되는 수학과 수업에서 적극적으로 도입되어야 할 것이다.

이때 학교 수학 수업에 로봇 프로그래밍을 도입하기 위해 가장 우선되어야 할 것은 예비수학교사의 로봇 프로그래밍에 대한 이해와 이를 바탕으로 로봇 프로그래밍 수학 수업을 설계, 실행할 수 있는 지식과 역량이라 볼 수 있다. 교사가 갖추어야 할 지식에 대한 개념은 Shulman(1986)의 내용교수지식 즉, PCK (Pedagogical Content Knowledge)에서 확대되어 테크놀로지를 활용한 내용 교수 지식인 TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge)로 확대되었으며, 최근에는 테크놀로지의 범위를 프로그래밍까지 확장한 TPACK-P (TPACK-Programming)의 필요성이 대두되고 있다(김성원, 이영준, 2018).

본 연구에서는 사범대학 수학교육과 학부 학생들을 대상으로 TPACK-P 신장을 위한 로봇 프로그래밍 수업을 설계하고 그 효과를 분석하고자 한다. 이때 로봇은 대표적인 교육용 로봇인 LEGO Mindstorms EV3를 사용했는데, 이 로봇은 수학자이자 교육자인 MIT 대학의 Seymour Papert 교수가 설립한 인공지능 연구소가 변화한 미디어랩으로부터 레고 사가 전수받아 만든 것이다. 이 로봇의 이름이 Papert 교수의 저서인 'Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas (Papert, 1980)'에서 비롯된 것으로부터 알 수 있듯이 LEGO Mindstorms은 학생의 사고를 눈으로 확인할 수 있는 학습 환경과 흥미를 제공한다는 점에서 교육적인 의미가 있다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 수학교육에서의 프로그래밍 교육

프로그래밍이 디지털 세계에 효과적으로 참여하기 위한 기본적인 기술로 인식되면서 프로그래밍을 학교 교육에 도입하려는 시도가 계속되고 있다(Grover & Pea, 2013). 프로그래밍이란 컴퓨터가 특정 작업을 수행하고 문제를 해결할 수 있도록 컴퓨터 프로그램을 개발하고 실행하는 것과 관련된 과정으로, 프로그래머에게 특정 프로그래밍 언어에 대한 이해와 이를 바탕으로 알고리즘을 구현하는 코딩을 통해 문제를 분석, 이해 및 해결하는 능력을 요구한다. 이 과정은 수학적 사고와 연결되어 있기 때문에 학교 교육에서 프로그래밍을 수학교육에 통합하려는 움직임이 있다. 서론에 언급한 우리나라, 프랑스, 캐나다, 영국, 일본뿐만 아니라, 핀란드와 스웨덴은 문제해결 및 논리적 사고 능력을 육성하고 학생들이 학습하도록 동기를 부여하기 위해 프로그래밍을 수학 과목에 통합했으며, 노르웨이는 2020년 개정 교육과정에서 수학 과목에서 프로그래밍을 다루도록 개편하였다(Bocconi et al., 2018).

로봇 프로그래밍을 수학교육에 도입하기 위한 연구도 다양하게 이루어지고 있다. Forsström & Kaufmann(2018)은 수학교육에 프로그래밍과 로봇을 도입한 15편의 논문을 분석하여 수학교육에서의 프로그래밍의 잠재력을 평가하고자 하였다. 그 결과, 프로그래밍과 로봇의 도입은 수학과 교육과정의 기하학, 알고리즘 사고 개발과 관련되며, 수학 학습에 대한 학생의 동기 부여, 수학 성과 향상, 다양한 유형의 교사 역할과의 협력 증가에 긍정적인 영향을 준다고 하였다.

수학교육에 프로그래밍을 도입하려는 움직임은 Papert 교수가 1967년 개발한 LOGO(Language Of Geometric Objects)로부터 시작된다. Papert 교수는 1958년부터 1963년까지 제네바에서 Piaget와 공동 연구를 했는데, 이는 Piaget의 구성주의 이론이 LOGO의 바탕이 되어 수학교육과 프로그래밍이 교육학적으로 연계되는 계기가 되었다[3]. LOGO 프로그래밍을 수학교육에 적용한 연구는 국내외에서 다양하게 이루어졌는데, 황우형(1999)은 중등수학교육에 적용 가능한 LOGO 프로그래밍 활동 주제를 제시했으며, 김영기와 한소영(2002)은 LOGO는 유연한 사고력과 문제해결력을 신장시킬 수 있고 영재교육에의 적용 가능성을 제시하였다. 한편, 1980년대 중반에 MIT 미디어 연구소는 LOGO 인터페이스와 LEGO 브릭을 연결하는 시스템을 개발했고, 이후 프로그래밍 가능한 브릭(programmable brick)을 개발했는데, 이 프로그래밍 가능한 브릭을 포함한 LEGO Mindstorms을 RCX, NXT, EV3의 순으로 상업화하였다[4].

이밖에 수학교육에서 프로그래밍 교육을 위해 많이 사용되고 있는 프로그램인 스크래치(Scratch)는 2004년 MIT 미디어랩의 Lifelong Kindergarten Group에서 개발한 교육용 프로그래밍 도구로, 학생들이 컴퓨터 프로그래밍 기술을 익혀서 창의적으로 문제를 해결하고 프로젝트를 설계할 수 있도록 설계되었다. 스크래치(Scratch)는 스프라이트(Sprite)라고 불리는 객체에 색상과 형태에 따라 각기 다른 명령어를 가지는 블록(Block)들을 쌓아 프로그래밍하는 블록 코딩 방식으로, 직관적인 프로그래밍이 가능하다는 장점을 가지고 있다(김은정, 김선회, 남동수, 이태욱, 2013). 특히 스크래치는 게임을 제작하기 용이하다는 장점이 있는데, 송정범(2017)은 삼각비 개념을 적용한 게임 개발을 통해 학생들의 수학에 대한 가치와 흥미를 이끌어낼 수 있다고 하였다.

파이썬(Python)은 1991년에 Guido van Rossum에 의해 개발되었으며, 교육을 목적으로 개발되지는 않았으나 간결한 문법 체계로 컴퓨터 프로그래밍 입문자도 쉽게 배울 수 있기 때문에 교육에서도 폭넓게 활용되고 있다. 파이썬은 인터프리터 언어이기 때문에 컴파일을 요구하는 여타 언어들과는 달리 한 줄의 문장을 입력하고 엔터키를 치면 곧바로 실행 결과를 즉시 볼 수 있다는 장점이 있다(이도영,

3) LOGO Foundation, https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_and_learning.html
4) https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/history.html

정종인, 2018). 앞서 언급한 스크래치는 프로그래밍에 대한 학생들의 흥미를 불러올 수는 있지만 실제적인 고급형 프로그래밍 언어의 연계성이 부족하지만, 파이썬은 프로그래밍 언어 간의 징검다리 역할을 한다는 점에서 의미가 있다(박대륜, 유인환, 2018). 이서빈, 고상숙(2018)은 파이썬을 활용한 중학교 1학년 함수 단원에서의 코딩수업이 중학교 1학년 학습자뿐만 아니라 보조교사로 참여한 예비수학교사들의 컴퓨터 프로그래밍 자기효능감에도 긍정적인 영향을 주었으며, 초등학교 수학 교과에서 주로 다루어지고 있는 소프트웨어 교육을 중등학교 수학 교과로 확장할 필요가 있다고 하였다. 김예미, 고호경, 허난(2020)은 중학교 1학년 소인수분해 단원의 교수 학습에 파이썬을 도입하는 자료를 개발함으로써 수학과 코딩의 수학과 코딩의 융합 수업 방법을 제안하였다. 이도영, 정종인(2019)은 수학 통계 단원을 이용한 파이썬 프로그래밍 융합 수업 교육과정을 개발하여 중학교 2학년 학생들에게 적용한 뒤, 문제해결력과 수학 흥미에 긍정적인 영향을 준다는 것을 확인하였다. 프랑스의 고등학교 수학과 교육과정을 구현한 ebook 포맷의 수학 교과서에서는 파이썬으로 수학 관련 연습문제 및 프로젝트를 실습할 수 있는 환경을 제공하고 있다.

지금까지 수학교육에서 프로그래밍 교육에서 사용하는 대표적인 프로그램인 LOGO, LEGO Mindstorms, 스크래치, 파이썬과 관련 연구에 대해 살펴보았다. 본 연구에서는 이 중에서 LEGO Mindstorms EV3의 사용에 중점을 두었는데, EV3는 블록 코딩과 파이썬을 통한 텍스트 코딩이 모두 가능하다는 장점이 있다. LEGO Mindstorms EV3는 로봇 조립을 위한 다양한 블록과 인텔리전트 브릭으로 구성된다. 인텔리전트 브릭은 컴퓨터에 설치된 프로그램과 유선 또는 무선으로 연결되며, 센서 및 모터를 입력하는 포트를 포함하고 있다. 학생들은 문제해결을 위해 블록을 조립하고 프로그래밍 소프트웨어에서 프로그램을 작성한 뒤 로봇으로 전송하여 로봇을 작동시킬 수 있다. 이때 프로그램 실행 후 즉각적으로 문제가 되는 부분을 수정 및 개선할 수 있으며, 초음파, 터치, 컬러, 자이로 센서 등으로 실세계 자료를 수집하여 수학적으로 분석할 수 있다는 점에서 수학교육에서의 활용 가능성이 높다(임해미, 최인선, 2019).

2. 예비교사의 TPACK-P

교사의 전문성은 교사의 지식에 의해 좌우되며, 교사가 어떤 지식을 갖추어야 할 것인지에 대한 관심은 PCK에서 더 나아가 테크놀로지 내용교수지식 즉, TPACK(Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK)에 대한 관심으로 확대되었다. TPACK은 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge; PK), 내용 지식(Content Knowledge; CK), 테크놀로지 지식(Technological Knowledge; TK)의 교집합 부분에 해당하는 지식으로, 세 가지 지식이 역동적으로 영향을 주면서 융합되어 나타나는 지식이다(임해미, 2009; Mishra & Koehler, 2006).

Mishra & Koehler(2006)에 의해 TPACK의 개념이 도입된 이후 예비교사의 TPACK 신장을 위한 방안에 대한 다양한 연구가 이루어졌다. 임해미(2009)의 연구에서는 예비수학교사를 대상으로 한 강의에서 테크놀로지 강의에서 테크놀로지의 사용 방법과 단편적인 적용 사례를 전달하는 것보다 이를 활용한 수업을 계획 및 설계하는 팀 프로젝트를 했을 때 예비교사의 TPACK이 신장된다고 하였다. 변윤성과 김선희(2020)는 교사들이 자기연구(self study) 즉, 자신의 연구 목표를 설정하고 개선을 실행하며 비판적 동료와 상호작용하는 과정을 통해서 TPACK이 긍정적으로 변화한다고 하였다. 이밖에 다양한 연구들에서도 TPACK의 신장은 수업을 설계하는 경험과 관련이 됨을 보여준다. Koehler et al. (2007)은 TPACK에 대한 학습의 핵심은 예비교사가 팀을 이루어 협력적인 학습 맥락에서 설계를 통해 공학 도구를 배우는 것이라고 하였다. Angeli & Valanides (2005)는 이와 같은 설계 기반 학습 접근(design-based learning approach)이 미래의 교사가 공학 도구의 가치를 인식하고 이를 활용하여 수업하는 능력을 기르는 데 도움이 된다고 했으며, Agyei & Voogt(2012)도 협력적 설계를 통해 예비

수학교사의 TPACK을 신장할 수 있음을 보였다.

한편, 최근 학교 교육에서 사용되는 테크놀로지의 범주가 확대되고 특히 프로그래밍 역량이 요구되면서 교사의 TPACK-P (Programming)에 대한 관심이 높아지고 있다. 김성원과 이영준(2017a)은 예비교사들의 프로그래밍 역량, 교육 환경에 따른 수업 설계 역량, 효과적인 수업을 진행할 수 있는 수업 전문성을 향상시킬 수 있는 TPACK-P 교육 모델을 제안하였다. 이 모델은 9가지 요소 즉, 브레인스토밍, 수업 설계, TPACK 모델 분석, 프로그래밍 언어 탐색, 교육과정 분석, 수업 성찰, 수업 비평, 수업 실습, 협력을 기반으로 예비교사의 PK, CK, TK의 발달과 이들 간의 융합을 통해 궁극적으로 TPACK을 발달시킬 수 있도록 고안되었다. 또한 이 모형은 설계기반학습(Design-Based Learning, DBL)을 통해 도입하는 것이 효과적이라고 하였다.

김성원과 이영준(2017b)은 TPACK-P DBL Model의 9가지 요소의 특징을 세부적으로 제시하였다. 첫째, 프로그래밍을 접목한 수업을 설계할 때 다양한 아이디어를 공유하는 '브레인스토밍' 과정이 필요하다는 것이다. 둘째, 프로그래밍을 활용한 '수업 설계'이다. 예비교사의 TPACK 향상을 위해서는 프로그래밍 지식을 습득하는 것에 멈추는 것이 아니라 프로그래밍을 활용한 수업을 직접 설계하는 경험이 필요하다. 즉, 단순히 수업 아이디어를 구상하는 것에서 그치지 않고 실제 수업을 설계해봄으로써 TPACK 발달을 촉진할 수 있다. 셋째, 'TPACK 모델 분석' 등 TPACK에 대한 이론적인 내용을 제공하는 것은 예비교사의 TPACK을 발달시킬 수 있는 의미 있는 활동이 될 수 있다. 넷째, '프로그래밍 언어 탐색'이다. 예비교사는 프로그래밍 언어를 배움으로 그 특성을 파악하여 다양한 교육적 맥락과 목적에 부합하는 교수 학습 자료를 개발할 수 있게 된다. 다섯째, '교육과정 분석'은 예비교사의 수업 전문성을 발달시키기 위해서 필수적이다. 여섯째, 예비교사의 TPACK 신장을 위해서는 테크놀로지를 활용한 수업을 설계하는 과정뿐만 아니라 자신의 수업을 설명하고 동료들의 수업을 비평하는 '수업 비평' 과정이 필수적이다. 일곱째, 설계한 수업을 실제 수업으로 구현해 보는 '수업 실습(수업 시연)'이 매우 중요한 데, 예비교사는 실제적인 경험이 어려우므로 마이크로티칭과 같은 모의 수업 시연으로 대체할 수 있다. 여덟 번째 요소는 '수업 성찰'이다. 수업 성찰을 통해 수업 설계 과정을 성찰하고 과정을 평가하며 그 과정에서 어려움을 확인하는 것은 실질적인 수업 설계 역량에 도움을 준다. 아홉째, 복잡한 교육 맥락에서 교사가 혼자 찾기 어려운 답을 찾기 위해서는 '협력'이 매우 중요하다. 협력은 예비교사가 효과적으로 프로그래밍을 수업에 통합하고 동료 간의 협업을 통한 최적의 답을 찾아갈 수 있게 한다.

한편, 김성원과 이영준(2020, p.215)은 위의 9가지 요소를 활용하여 분석, 탐색, 설계, 적용, 평가의 다섯 단계로 이루어진 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램을 개발하였다. 분석 단계에서는 교과 교육에서의 문제를 분석하고, 탐색 단계에서는 그 문제를 해결하기 위하여 교육과정, TPACK 모델, 프로그래밍 언어와 환경을 탐색한다. 설계 단계에서는 분석 단계에서 발견한 교과의 문제를 해결하기 위한 수업을 설계하며, 적용 단계에서는 설계한 수업을 마이크로티칭을 실행하고, 평가 단계에서는 마이크로티칭 결과를 바탕으로 수업 성찰을 하고 개선하게 된다. 각 단계의 내용과 9가지 요소를 정리하면 <표 Ⅱ-1>과 같다.

<표 Ⅱ-1> 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램

단계	내용	관련 요소
분석	교과에서의 문제 분석	브레인스토밍, 수업 설계
탐색	프로그래밍 환경 조사	프로그래밍 언어 탐색
	TPACK 이론 탐색	TPACK 모델 분석

	교육과정 탐색	교육과정 분석
설계	프로그래밍 기반 TPACK 수업 설계	브레인스토밍, 수업 설계, TPACK 모델 분석, 프로그래밍 언어 탐색, 수업 실습
적용	마이크로티칭	수업 실습, 협력
평가	성찰	TPACK 모델 분석, 프로그래밍 언어 탐색, 교육과정 분석, 수업 성찰, 협력
	수업 정교화 및 피드백	브레인스토밍, 수업 설계, TPACK 모델 분석, 프로그래밍 언어 탐색, 교육과정 분석, 수업 성찰, 수업 비평, 협력

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상 및 강의 설계

본 연구는 사범대학 수학교육과 학생들의 TPACK-P 신장을 위한 로봇 프로그래밍 강의를 설계하고 그 효과를 분석하는 것을 목적으로 한다. 강의는 2022년 1학기에 수학교육공학 강의를 수강한 학부 3학년 학생(예비 수학교사) 12명을 대상으로 하며, 3명씩 4개의 팀으로 구성하여 팀 프로젝트로 수업을 진행하였다. 강의의 1~3주차에는 함수, 대수, 기하, 확률과 통계 교육을 위한 공학 도구 활용을 다루었으며, 4~15주차에는 본 연구와 관련된 중등교육에 로봇 프로그래밍을 적용하는 과정을 다루었다. 강의는 김성원, 이영준(2020)에 제시된 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램의 단계를 수정 적용했는데, 팀별로 마이크로티칭을 2번 진행했기 때문에 <표 Ⅲ-1>과 같이 강의를 설계하였다. 이때 각 주차의 수업은 3시간 동안의 강의, 실습 및 발표로 진행하였다.

<표 Ⅲ-1> TPACK-P 신장을 위한 로봇 프로그래밍 강의 설계

단계		수업 내용	주차
분석		좋은 수학 수업, 수학 수업의 문제점 좋은 수학 수업을 위한 로봇 프로그래밍의 기대 효과	4
탐색		로봇 프로그래밍 실습 TPACK 이론 분석 수학과 교육과정 분석	5~7
1차 마이크로티칭	설계	모둠별로 지정된 센서(초음파, 터치, 컬러, 자이로)를 활용한 단원 결정 및 수업 개요 설계	8~11
	적용	모둠별로 지정된 센서에 대한 탐구 및 발표 해당 센서를 활용한 수학 수업 실연 및 평가	
	평가	수업 평가 및 성찰	
2차 마이크로티칭	설계	로봇 활용 수학 수업 단원 결정 및 수업 개요 설계	12~15
	적용	주제 관련 로봇의 센서 활용한 수학 수업 실연 및 평가	
	평가	수업 평가 및 성찰	

분석 단계에서는 예비수학교사들이 자신의 중고등학교에서의 경험, 학부 과정에서 배운 수학과 수학교육학 지식, 현재 수학교육에 대한 문제의식을 바탕으로 좋은 수학 수업의 모습, 수학 수업의 문제점과 바람직한 변화 방향에 대해 생각해보고, 로봇 프로그래밍이 좋은 수학 수업을 만드는 데 어떤 도움을 줄 수 있을지에 대한 생각을 정리해보도록 하였다.

탐색 단계에는 로봇 프로그래밍 방법과 TPACK 이론, 수학과 교육과정에 대한 살펴보고, 수학과 교육과정에 로봇 프로그래밍을 적용하기에 적합한 단원을 점검하면서 해당 부분에 로봇 프로그래밍을 어떻게 적용할 수 있을지에 대해 탐색해보도록 하였다. 선행 연구에 따르면 TPACK 이론 탐색을 통하여 예비교사의 TPACK에 대한 이해가 높아지면 테크놀로지와 수학 교과를 연계하고 기존 수학 수업의 문제점을 해결하기 위하여 수업에 테크놀로지를 활용하는 능력이 높아지며(Baran & Uygun, 2016; Jimoyiannis, 2010; Koehler & Mishra, 2006), 교과 교육과정에 대한 탐색은 테크놀로지를 활용하여 적합한 수업을 설계하는 데 도움이 된다고 하였다(김성원, 2020).

1차 마이크로티칭 단계에는 분석 단계에서 찾은 수학 교과의 문제와 탐색 단계에서 함양한 지식과 역량을 바탕으로 모둠별로 할당된 로봇의 센서의 특징을 발표하고 이를 활용한 수업을 설계, 적용, 평가하고 성찰하도록 하였다. 1차 마이크로티칭이 끝난 뒤, 2차 마이크로티칭 단계에는 새로운 수업 주제를 선정하거나 1차 마이크로티칭의 주제를 확장하여 관련된 로봇 센서를 모두 활용한 수업을 설계, 적용한 뒤 수업을 평가하고 성찰하도록 하였다. 마이크로티칭은 1960년 스탠포드 대학에서 교사연수 방법으로 처음 소개된 모의수업 모형으로, 수업, 피드백 및 평가, 재수업 등의 일련의 체계적인 과정을 통해 예비교사의 교수 역량을 향상시키는 데 효과적인 것으로 알려져 있다(박희숙, 2018).

2. 검사 도구

위에서 설계한 강의에 따른 예비수학교사의 TPACK-P의 변화를 분석하기 위하여 검사 도구를 활용하여 강의 전후의 변화를 조사하였다. 검사도구는 Mishra and Koehler(2006)가 개발한 초안을 번역하여 검증한 박기철, 강성주(2014)의 연구에 제시된 TPACK 검사 도구의 36문항에 프로그래밍 관련 TPACK(P) 문항을 4문항 추가하여 총 40문항으로 구성하였다(<부록> 참조). 검사 도구의 Cronbach α는 <표 Ⅲ-2>와 같이 모든 하위 요인의 α값이 .7 이상이었으며, 사전검사는 .93, 사후검사는 .98로 척도를 구성하고 있는 문항의 신뢰도 수준이 매우 양호한 것으로 나타났다.

<표 Ⅲ-2> TPACK-P 검사 도구 구성

하위요인	문항 수	사전검사	사후검사
PK	7	.698	.908
TK	4	.924	.944
CK	4	.843	.799
PCK	6	.857	.838
TCK	6	.906	.961
TPK	3	.868	.880
TPACK	6	.927	.951
TPACK(P)	4	.808	.935
전체	40	.926	.980

3. 분석 방법

본 연구에서는 예비수학교사의 TPACK-P 신장을 위한 로봇 프로그래밍 강의의 효과를 분석하기 위해 강의 전후에 TPACK-P 검사를 사전, 사후로 실시하여 하위요인별, 문항별 종속표본 t검정을 실시하였다. 또한 개인 활동지, 팀별 논의 자료, 1차 팀 프로젝트 결과와 2차 팀 프로젝트 결과인 프로그래밍 결과물과 발표 자료를 질적으로 분석하여 논의를 보완하였다.

Ⅳ. 연구 결과

1. 강의 단계별 활동 분석

가. 분석 단계

강의의 분석 단계는 1주 동안의 수업으로 진행했으며, 예비수학교사에게 좋은 수학 수업, 수학 수업의 문제점, 좋은 수학 수업을 위한 로봇 프로그래밍의 기대 효과에 대한 질문을 제시하고 논의하였다. 먼저 '좋은 수학 수업은 어떤 것인가?'라는 질문에 대해 예비수학교사는 다음과 같이 응답하였다.

> 아무리 좋은 수업을 구성하더라도 학생이 흥미를 갖지 않으면 의미가 없다. 학생이 스스로 흥미를 갖고 배우자 하는 욕구를 가져야 한다. 그러면 학생은 적극적으로 수업 활동에 참여하고, 더 효율적으로 학습이 이루어진다.
>
> - <예비교사 1의 응답>

> 교사 중심이 아닌 학생 참여 중심의 수업이 진행되어야 한다. 또한 이러한 수업이 잘 이루어질 수 있도록 수업의 분위기가 형성되어야 한다. 즉, 교사와 학생 간 상호작용이 원활하게 잘 이루어지고, 교사는 학생의 다양한 수학적 접근을 긍정적으로 검토하며 피드백을 줄 수 있는 역할을 수행해야 한다. 자유롭게 자신의 풀이와 접근법을 공유하며 자유롭게 자신의 역량을 펼칠 수 있어야 한다.
>
> - <예비교사 2의 응답>

이밖에 좋은 수학 수업에 대한 예비교사들의 응답을 종합하면, 학생이 스스로 흥미를 갖고 배우자 하는 욕구를 느끼고 적극적으로 수업 활동에 참여하는 수업, 학생들이 수업의 주체가 되어 다양한 활동을 통해 수학을 직관적으로 받아들이며 탐구하고 직접 사고하는 능동적 학습자가 되는 수업, 교사와 학생 간 상호작용이 활발한 수업, 수학적 원리에 대해 스스로 고민 결과를 눈으로 손으로 직접 확인할 수 있는 수업, 학생 스스로 수학적 개념의 원리를 파악할 수 있는 수업, 학생들의 배움이 일어나며 진정으로 사고할 수 있는 힘을 길러주는 수업이라고 답변하였다. 예비교사의 전체 응답을 워드 클라우드로 나타내면 [그림 Ⅳ-1]과 같다.

[그림 Ⅳ-1] 좋은 수학 수업에 대한 응답 워드 클라우드

다음은 '현재 수학 수업의 문제점은 무엇인가?'라는 질문에 대한 예비수학교사의 응답 중 일부이다.

> 현재 수학 수업은 대체로 이론을 설명하고, 공식을 도출하는 과정을 보여준 뒤 공식을 어떻게 문제에 적용하는지에 초점이 맞춰져 있다. 즉, 다양한 교구와 프로그램을 활용하여 학생들에게 보여주기보다는 이론적으로 증명하고, 문제를 푸는 데에만 집중되어 있다.
>
> - <예비교사 3의 응답>

> 현재 수학 수업의 문제점은 학생들에게 수업의 개념적인 요소를 집중적으로 가르치고 학생들이 스스로 생각해보고 문제 상황에서 어떻게 해결할 수 있는지 스스로 생각해보는 시간이 부족하다는 점이 있습니다.
>
> - <예비교사 4의 응답>

현재 수학 수업의 문제점에 대한 예비교사의 전체 응답을 워드 클라우드로 나타내면 [그림 Ⅳ-2]와 같다. 이때 '일방적인', '공식을', '입시' 등의 키워드가 두드러짐을 알 수 있다.

[그림 Ⅳ-2] 현재 수학 수업의 문제점에 대한 응답 워드 클라우드

마지막으로 '로봇 프로그래밍은 좋은 수학 수업을 만드는 데 어떤 도움을 줄 수 있을까?'라는 질문에 대한 예비수학교사의 응답은 다음과 같다.

> 로봇 프로그래밍을 이용하면 학생들이 직접 코딩을 해보고 로봇이 움직이는 실제적 현상을 통해 수학적 개념을 직관적으로 이해할 수 있으므로 학생들이 수업에 흥미를 가지고 적극적으로 참여할 수 있고 개념에 대해서도 효과적으로 이해할 수 있다.
>
> - <예비교사 5의 응답>

> 로봇 프로그래밍은 학생들이 직접 로봇을 코딩하면서 수업이 진행된다. 로봇 프로그래밍을 활용한 수업은 우선 학생이 수업의 흐름을 이끌 뿐만 아니라, 시행착오를 겪으며 코딩의 원리를 이해하기 때문에 엄청난 사고력을 요구할 것이다. 그리고 로봇의 여러 디스플레이 기능을 여러 실생활에 접목함으로써 수학을 실생활에 활용하려는 관점도 기를 수 있을 것이다.
>
> - <예비교사 6의 응답>

이밖에 좋은 수학 수업을 위한 로봇 프로그래밍의 기대 효과에 대한 예비교사들의 응답을 종합하면, 창의력을 발휘할 수 있는 수업, 직관적 이해를 바탕으로 한 논리적 사고를 가능하게 하는 수업, 직접 활동함으로써 수업의 주체가 되고 스스로 깨우치는 과정을 통해 보다 오래 내용을 기억할 수 있는 학생 참여 중심의 수업, 학생들이 적극적인 학습자가 되어 탐구할 수 있는 수업을 이끌 수 있다고 기대하였다. 예비교사의 전체 응답을 워드 클라우드로 나타내면 [그림 Ⅳ-3]과 같다.

[그림 Ⅳ-3] 좋은 수학 수업을 위한 로봇 프로그래밍의 기대 효과에 대한 응답 워드 클라우드

이상의 분석 단계에서의 질문과 발표를 통해 예비수학교사는 현재 수학과 수업의 문제점과 나아갈 방향에 대해 고민하고 로봇 프로그래밍 수업이 가져올 수 있는 기대 효과에 대해 생각을 나누었다. 또한 이를 바탕으로 이번 강의를 통해 배우게 될 로봇 프로그래밍을 통한 수학 수업을 어떻게 설계해야 할 것인지에 대한 브레인스토밍을 하였다.

나. 탐색 단계

강의의 탐색 단계는 3주간 진행되었으며 레고 마인드스톰의 기본 프로그래밍, TPACK 이론, 그리고 로봇 프로그래밍을 적용할 수 있는 수학과 교육과정에 대해 탐색하였다. 예비수학교사들은 수학과

교육과정 중 로봇 프로그래밍의 장점을 적용하기에 적합한 단원에 대해 각자 2015 개정 수학과 교육과정에 따른 중학교와 고등학교 수학 과목의 내용 요소를 검토한 뒤에 팀별로 논의하였다. 의견을 모은 뒤에는 '해당 단원에 로봇 프로그래밍을 어떻게 적용할 수 있을까?'에 대해 구체적으로 논의하였다.

<표 Ⅳ-1>은 중학교 교육과정에 대한 개별 검토 결과이다. 예비수학교사들이 중학교 수학과 교육과정의 내용 요소 중에서 로봇 프로그래밍을 적용하기에 가장 적합하다고 생각하는 내용 요소는 '좌표평면과 그래프', '일차함수와 그래프', '일차함수와 일차방정식의 관계', '작도와 합동'이었고, 그 다음은 '이차함수와 그래프', '기본도형', '도형의 닮음', '피타고라스 정리', '삼각비의 성질', '확률과 그 기본 성질'이었다.

<표 Ⅳ-1> 로봇 프로그래밍 적용 가능한 중학교 교육과정 내용 요소에 대한 응답 결과

영역	내용 요소	로봇 프로그래밍 적용 가능성												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
수와 연산	소인수분해		○								○		○	3
	정수와 유리수		○		○			○			○			4
	유리수와 순환소수													0
	제곱근과 실수				○			○						2
문자와 식	문자의 사용과 식의 계산													0
	식의 계산													0
	다항식의 곱셈과 인수분해													0
	일차방정식					○	○					○		3
	일차부등식과 연립일차방정식			○		○	○		○	○		○		6
	이차방정식					○	○					○		3
함수	좌표평면과 그래프	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	일차함수와 그래프	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	일차함수와 일차방정식의 관계	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	이차함수와 그래프		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11
기하	기본 도형	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	11
	작도와 합동	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	평면도형의 성질	○	○	○	○			○	○		○		○	8
	입체도형의 성질		○								○			2
	삼각형과 사각형의 성질	○	○		○	○	○	○			○	○	○	9
	도형의 닮음	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	11
	피타고라스 정리	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	11
	삼각비의 성질	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	11
	원의 성질				○	○	○	○				○	○	6
확률과 통계	자료의 정리와 해석	○	○		○	○	○	○			○	○	○	9
	확률과 그 기본 성질	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	11
	대푯값과 산포도		○	○		○	○		○		○	○		7
	상관관계		○			○	○		○		○	○		6

<표 Ⅳ-2>는 고등학교 교육과정에 대한 개별 검토 결과이다. 예비수학교사들이 고등학교 수학과 교육과정의 내용 요소 중에서 <수학> 과목의 '평면좌표', '직선의 방정식'이 로봇 프로그래밍을 적용하기에 가장 적합하다고 응답했고, 다음으로 '함수' 단원을 선택하였다. <수학Ⅰ>에서는 '삼각함수', <수학Ⅱ>에서는 '정적분'이 가장 적합하다고 응답했다.

<표 Ⅳ-2> 로봇 프로그래밍 적용 가능한 고등학교 교육과정 내용 요소에 대한 응답 결과

과목	영역	내용 요소	로봇 프로그래밍 적용 가능성												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
고등학교 <수학>	문자와 식	다항식의 연산	○												1
		나머지정리													0
		인수분해													0
		복소수와 이차방정식			○					○	○				3
		여러 가지 방정식과 부등식				○	○	○	○				○		5
	기하	평면좌표	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
		직선의 방정식	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
		원의 방정식	○			○	○	○	○				○		6
		도형의 이동	○			○	○	○	○				○		6
	수와 연산	집합				○	○	○	○				○		5
		명제		○		○	○	○	○			○	○		7
	함수	함수		○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	10
		유리함수와 무리함수				○			○						2
	확률과 통계	경우의 수		○		○	○	○	○			○	○		7
		순열과 조합					○	○					○		3
고등학교 <수학Ⅰ>	지수함수와 로그함수	지수와 로그		○								○		○	3
		지수함수와 로그함수		○	○					○		○		○	5
	삼각함수	삼각함수		○	○	○	○	○	○	○		○	○		9
	수열	등차수열과 등비수열			○	○	○	○	○	○			○		7
		수열의 합			○		○	○		○			○		5
		수학적 귀납법													0
고등학교 <수학Ⅱ>	함수의 극한과 연속	함수의 극한		○	○		○	○		○		○	○	○	8
		함수의 연속		○	○		○	○		○		○	○		7
	미분	미분계수	○			○	○	○	○		○		○	○	8
		도함수			○	○	○	○	○	○			○	○	8
		도함수의 활용			○	○	○	○	○	○	○		○		8
	적분	부정적분					○	○					○		3
		정적분	○		○	○	○	○	○	○	○		○		9
		정적분의 활용			○	○	○	○	○	○	○		○		8

다. 1차 마이크로티칭

1차 마이크로티칭은 4주간 진행되었으며, 네 팀에 각각 로봇의 네 가지 센서 중 초음파, 터치, 컬러, 자이로를 할당하고 각 센서의 특징을 조사하고 이를 활용한 수업 단원을 결정한 뒤 수업 개요를 작성하도록 하였다. 각 팀에서는 센서의 특징을 바탕으로 주제를 선택했는데, 초음파 센서 팀은 '함수/이차함수와 그래프 개형', 터치 센서 팀은 '삼각비와 피타고라스 정리', 컬러 센서 팀은 '확률', 자이로 센서 팀은 '삼각비의 닮음조건'을 선택하였다. 각각의 주제는 앞서 탐색 단계에서 교육과정에 대한 논의를 바탕으로 예비교사들이 적합하다고 생각했던 내용 요소 중에서 선택되었고, 탐색 단계가 적합한 수업 설계에 도움이 됨을 확인할 수 있었다. 해당 주제를 선택한 이유를 활동지에서 발췌하여 제시하면 <표 Ⅳ-3>과 같다.

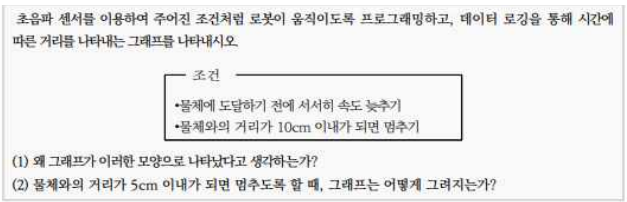
<표 Ⅳ-3> 1차 마이크로티칭의 팀별 주제 및 선택 이유

팀	센서	주제	주제 선택 이유
1	초음파	함수/이차함수와 그래프 개형	중학교 수학 교육과정에서 이차함수 그래프의 개형을 학습할 때, 계산하기 쉬운 혹은 칠판(교과서)에 나타낼 수 있는 유한개의 점을 잇는 선으로 일반화하여 학습이 이루어진다. 그러나 이를 통해 학생들의 직관적인 이해를 불러일으키기란 어렵다. 그래서 공학 도구(로봇 프로그래밍)를 활용하여 초음파 센서 활동(시간에 따른 로봇과 물체 사이의 거리 관계를 파악하는 활동)을 통해 도출되는 결과값을 확인해보며 그려지는 이차함수 그래프의 개형을 직관적으로 보게 된다면 보다 학습에 도움이 될 것이다. 이처럼 함수 그래프의 직관적인 이해와 초음파 센서를 활용하여 측정할 수 있는 물체와의 거리를 통해 이차함수 그래프의 개형이라는 주제를 선정하게 되었다.
2	터치	삼각비와 피타고라스 정리	터치 센서를 활용하여 거리와 속도를 찾는 문제에 적용할 수 있다. 여러 가지 센서들 중 터치 센서를 집중적으로 공부하고, 이를 활용하여 삼각비를 구하는 문제와 로봇의 속도를 찾는 문제를 해결함으로써 로봇 프로그래밍에 대한 전반적인 이해를 높인다.
3	컬러	확률	경우의 수와 확률, 로봇을 통해 많은 양의 자료를 수집하고 확률을 구하는 과정을 직접 해보면서 실생활에서 이용할 수 있는 예시를 확인할 수 있고, 학습 내용의 유용성을 알 수 있다. 컬러 센서를 활용해 각 색깔별 집의 개수를 센 다음 이를 그래프로 표현해보는 수업을 하려 했는데, 이에 적합한 막대그래프는 초등학교 과정이라 제외했다. 색은 수치화된 데이터가 아니기 때문에 히스토그램 역시 적절하지 않았다. 그래서 생각해낸 것이 전체 경우의 수 중 특정 경우의 수를 계산하는 확률 단원이었다. 센서를 활용하여 쉽게 개수를 셀 수 있기 때문에 확률을 계산하기도 간단하게 할 수 있다.
4	자이로	삼각비의 닮음 조건	자이로 센서의 주된 역할인 회전 각도를 측정하는 것을 활용할 수 있는 단원은 각도가 중요하게 사용되는 기하 단원이라고 생각했다. 그중에서 삼각형의 닮음조건이 각도가 중요하게 사용되는 것을 확인하고, 이를 수학 수업에 적용하기로 하였다.

각 팀에서는 주제를 선택한 뒤에 해당 주제에 대한 수업 개요를 작성했는데, 다음 <표 Ⅳ-4>는 초음파 센서를 다룬 1팀의 수업 개요이다. 1팀은 동료 예비교사를 대상으로 초음파 센서의 특징을 설명하는 수업을 하고, 이를 수학과 교육과정과 직접적으로 관련지을 수 있는 문제를 찾아서 수업을 했다.

<표 Ⅳ-4> 1팀의 수업 개요 예시

영역	내용	예상 소요 시간
센서에 대한 수업	1. 초음파센서 : 초음파 센서 데이터(주의 사항)	10분
	2. 초음파 센서 활용 시 대표적으로 사용하는 블록 : 비교 블록 및 범위 블록	10분
	3. 초음파 센서를 활용한 예시 : 벽에서 일정한 거리를 두고 정지 물체에 도달하기 전에 서서히 속도 늦추기 물체와 일정한 거리 유지하기	40분

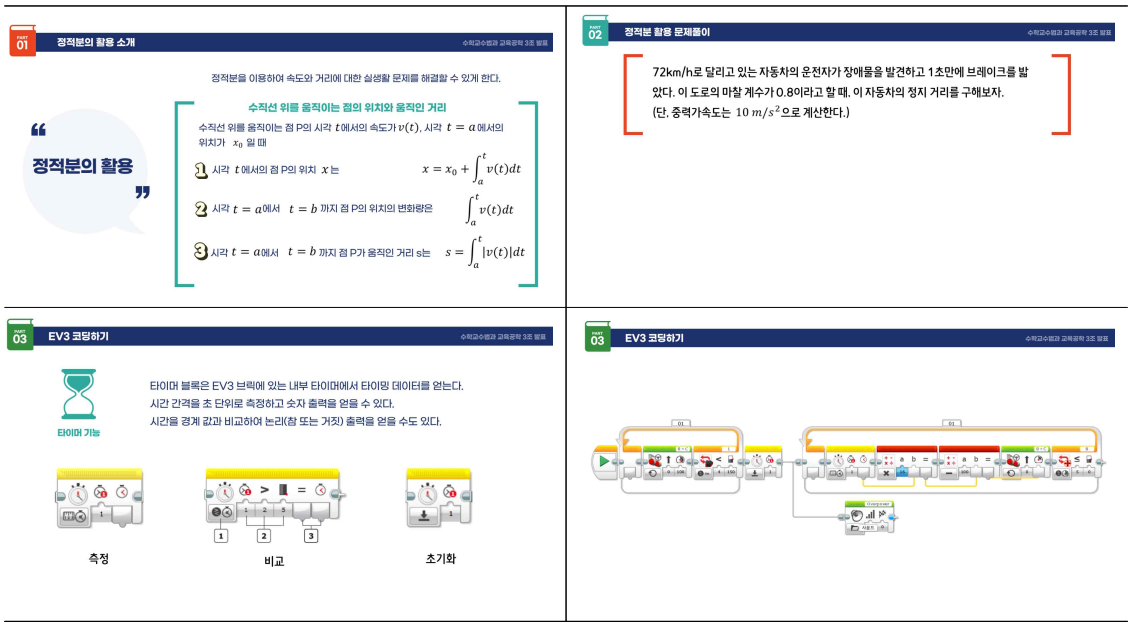
영역	내용	예상 소요 시간
	거리 측정기 만들기	
	4. 집을 지키는 로봇 강아지 만들기	20분
수학과 교육과정 관련	초음파 센서를 활용한 이차함수 그래프 그리기  초음파 센서를 이용하여 주어진 조건처럼 로봇이 움직이도록 프로그래밍하고, 데이터 로깅을 통해 시간에 따른 거리를 나타내는 그래프를 나타내시오. 조건 •물체에 도달하기 전에 서서히 속도 늦추기 •물체와의 거리가 10cm 이내가 되면 멈추기 (1) 왜 그래프가 이러한 모양으로 나타났다고 생각하는가? (2) 물체와의 거리가 5cm 이내가 되면 멈추도록 할 때, 그래프는 어떻게 그려지는가?	20분

1차 마이크로티칭이 끝난 뒤에, 수업 성찰을 위해 본인 팀 수업의 장점, 수업을 하면서 어려웠던 점, 수업에서 개선해야 될 부분, 로봇 프로그래밍 기반 수학 수업을 설계, 실행하는 과정에서 느낀 점, 2차 마이크로티칭에서 하고 싶은 수업의 주제에 대해 논의하도록 했다. 1차 마이크로티칭은 예비교사들이 로봇을 활용한 수업을 직접 해봄으로써 각 센서의 특징을 보다 면밀하게 이해하고 테크놀로지를 활용하여 수업할 때 어떤 준비가 필요하고 어려움이 발생할 수 있는지를 점검할 수 있는 기회가 되었다. 다음은 1차 마이크로티칭 후 예비교사의 수업 성찰 내용 중 일부이다.

> 로봇이 주는 객관적인 데이터를 근거로 직접 작도를 하면서 닮음임을 보일 때 보다 학생들의 신뢰를 이끌어낼 수 있고, 데이터 입력값을 자유롭게 설정할 수 있기 때문에 수학적 다양성의 원리를 잘 적용할 수 있다. 수업을 설계, 실행해보면서 우선 EV3 블록 코딩을 통해 스스로가 프로그래밍에 대한 많은 배움을 얻었으며, 교육공학 매체를 활용해 수업을 구상하고, 프로그램을 만들며 학생들에게 어떻게 하면 좋은 수학 수업을 할 수 있을까에 대해 고민해보는 좋은 시간이었다. 다음 수업에는 센서를 두 개 이상 활용할 수 있는 수학 수업을 구상하고 싶다. 주제는 많이 고민해보아야겠지만, 자이로센서와 터치센서 등을 활용하여, 명제의 참과 거짓, 여러 가지 부등식과 방정식 단원에 적용하여 학생들의 사고력을 기르는 수업을 구상하고 싶다.
>
> - <예비교사 7의 응답>

라. 2차 마이크로티칭

2차 마이크로티칭은 4주간 진행되었으며, 네 팀은 1차 마이크로티칭 경험을 바탕으로 로봇 프로그래밍을 적용한 수학 수업의 주제를 정하고 수업을 설계하였다. 각 팀은 '연립일차방정식', '음계 속의 수학', '도함수의 활용', '정적분의 활용'을 수업 주제로 선택했는데, [그림 Ⅳ-4]는 '정적분의 활용'에 대한 수업 자료 중 일부이다.



[그림 Ⅳ-4] 2차 마이크로티칭 수업 자료

1차 마이크로티칭이 레고 마인드스톰의 센서 중 하나의 기능을 설명하고 이를 수학 수업에 적용할 수 있는 한 가지 사례를 다루는 것이었다면, 2차 마이크로티칭은 학교 교육과정에 직접 적용할 수 있는 한 차시 분량의 수학 수업을 설계하고 실행하는 것이었다. 다음은 2차 마이크로티칭 후 예비교사의 수업 성찰 내용 중 일부이다. 예비교사들은 수업 후 로봇 프로그래밍을 위한 수업 준비, 과제 개발 방향, 수업의 난이도 등에 대해 평가하고 성찰하였다.

> 수업에서 개선해야 될 부분으로는 먼저 주제를 명확하게 설정하고 코딩의 의미를 명확하게 하는 부분입니다. 또한 학생들이 수업을 통해서 무엇을 배울 수 있는지를 생각하고 스스로 생각하여 직접 코딩을 해보도록 하는 과제를 제공하는 방식으로 개선하는 것이 좋을 거라 생각합니다. 로봇 프로그래밍 기반 수학 수업을 준비하면서 느낀 점은 학생들에게 무언가를 가르치기 위해서는 일단 본인이 무엇을 알려줄 것인지를 정확하게 인지하고 있어야 한다는 것입니다. 단순히 내용을 알고 있다는 수준으로는 다른 사람에게 설명할 수 없고 그것을 완전히 자신의 것으로 만들고 나서야 다른 사람들에게 설명할 수 있다는 것을 다시 한 번 이해했습니다.
>
> - <예비교사 8의 응답>

> 현재 수업에서는 대학생을 대상으로 수업을 했지만 이후 수업에서는 중, 고등학생을 대상으로 수업을 할 것을 감안하면 프로그램의 난이도가 너무 어려웠던 것 같습니다. 따라서 대상에 알맞게 코딩을 단순화시킬 수 있는 방법을 고안해보아야 할 것 같습니다.
>
> - <예비교사 9의 응답>

2. TPACK-P 변화 분석

가. 하위요인별 종속표본 t 검정 결과

예비수학교사가 로봇 프로그래밍을 적용한 수학 수업을 할 수 있는 역량을 갖출 수 있도록 설계한 12주간의 강의의 시작 전후에 TPACK-P 검사도구를 이용하여 TPACK-P의 변화를 조사하였다. 이때 TPACK을 구성하는 하위요인에 대한 종속표본 t검정 결과는 <표 Ⅳ-5>와 같다.

<표 Ⅳ-5> TPACK-P 하위요인별 종속표본 t검정 결과

하위요인	사전검사	사후검사	사후-사전	t		유의확률	효과크기
	M(SD)	M(SD)	M(SD)			p	Cohen'd
PK	4.24(0.31)	4.25(0.57)	0.01(0.69)	.060		.953	0.02
TK	3.75(0.8)	4.00(0.94)	0.25(0.81)	1.067		.309	0.31
CK	3.94(0.58)	4.08(0.58)	0.15(0.71)	.711		.492	0.21
PCK	3.92(0.41)	4.04(0.43)	0.13(0.78)	.558		.588	0.16
TCK	3.64(0.56)	4.31(0.78)	0.67(0.74)	3.127	**	.010	0.90
TPK	3.78(0.70)	4.31(0.64)	0.53(0.85)	2.160	*	.054	0.62
TPACK	3.56(0.69)	4.22(0.73)	0.67(0.86)	2.680	*	.021	0.77
TPACK(P)	3.50(0.57)	4.19(0.74)	0.69(0.83)	2.881	*	.015	0.83
전체	3.81(0.35)	4.18(0.59)	0.37(0.62)	2.058		.064	0.59

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

종속표본 t 검정 결과, 모든 하위요인에서 사전검사보다 사후검사의 점수가 높았으며, 이 중 TCK는 유의수준 1%에서, TPK, TRACK, TRACK(P) 요인에서 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 평균 차이가 관찰되었다. 이 결과는 설계된 강의가 테크놀로지와 관련된 예비수학교사의 역량에 긍정적인 영향을 주었으며, 특히 TCK의 변화가 유의하게 나타난 것은 이번 강의에서 수학과 교육과정에서 어떤 부분이 로봇 프로그래밍을 적용했을 때 효과적일지에 대해 탐색 단계와 마이크로티칭 단계에서 지속적으로 논의하도록 한 결과로 볼 수 있다. 또한 Cohen의 d값을 계산한 결과, PK, CK, PCK에서 작은 크기의 효과가 있는 것으로 나타났는데, 이는 표본 크기가 컸다면 해당 구인은 통계적으로 유의한 차이가 있을 수 있음을 나타내는 것으로 향후 프로그램 효과에 대한 검정이 반복해서 이뤄질 필요가 있음을 나타낸다.

나. 문항별 종속표본 t 검정 결과

TPACK-P 검사도구의 문항별 종속표본 t 검정 결과, <표 Ⅳ-6>과 같이 TCK 중 5문항, TPK 중 1문항, TPACK 중 3문항, TPACK(P) 중 3문항이 사전검사보다 사후검사의 평균이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 특히 TCK 중 '나는 수학 교과 내용을 학생들에게 전달하는데 효과적인 테크놀로지를 알고 있다.'와 '나는 테크놀로지를 통해 학생들의 협업 과정을 촉진시킬 수 있다.' 문항에서 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 평균 차이가 관찰되었다. 또한 TPACK(P) 중 '나는 수학 교과 내용의 수업을 위해 프로그래밍을 할 수 있다.' 문항에서 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 평균 차이가 관찰되었다.

<표 Ⅳ-6> TPACK-P 문항별 종속표본 t검정 결과

하위요인	문항 번호	사전검사 M(SD)	사후검사 M(SD)	사후-사전 M(SD)	t		유의확률 p	효과크기 Cohen'd
PK	1	4.25(0.45)	4.33(0.78)	0.08(0.90)	.321		.754	0.09
	2	4.42(0.51)	4.33(0.78)	-0.08(0.79)	-.364		.723	-0.11
	3	4.42(0.51)	4.17(0.94)	-0.25(1.06)	-.821		.429	-0.24
	4	3.75(0.62)	4.08(0.67)	0.33(1.07)	1.076		.305	0.31
	5	4.25(0.45)	4.25(0.62)	0.00(0.85)	0.000		1.000	0.00
	6	4.17(0.58)	4.00(0.6)	-0.17(0.94)	-.616		.551	-0.18
	7	4.42(0.51)	4.58(0.51)	0.17(0.58)	1.000		.339	0.29
TK	8	4.08(0.9)	4.17(1.03)	0.08(1.08)	.266		.795	0.08
	9	3.75(0.87)	3.92(1.00)	0.17(0.94)	.616		.551	0.18
	10	3.58(0.79)	3.92(1.00)	0.33(0.78)	1.483		.166	0.43
	11	3.58(1.00)	4.00(1.04)	0.42(1.00)	1.449		.175	0.42
CK	12	3.92(0.67)	4.25(0.45)	0.33(0.65)	1.773		.104	0.51
	13	3.42(0.90)	3.58(1.08)	0.17(1.19)	.484		.638	0.14
	14	4.33(0.49)	4.33(0.49)	0.00(0.60)	0.000		1.000	0.00
	15	4.08(0.67)	4.17(0.72)	0.08(0.90)	.321		.754	0.09
PCK	16	3.83(0.72)	4.17(0.58)	0.33(0.89)	1.301		.220	0.38
	17	3.83(0.58)	4.00(0.6)	0.17(0.94)	.616		.551	0.18
	18	3.92(0.51)	4.08(0.79)	0.17(1.19)	.484		.638	0.14
	19	3.92(0.29)	4.08(0.51)	0.17(0.72)	.804		.438	0.23
	20	4.00(0.43)	4.00(0.43)	0.00(0.85)	0.000		1.000	0.00
	21	4.00(0.60)	3.92(0.51)	-0.08(1.00)	-.290		.777	-0.08
TCK	22	3.67(0.49)	4.17(1.03)	0.50(1.09)	1.593		.139	0.46
	23	3.50(0.67)	4.17(0.83)	0.67(0.78)	2.966	*	.013	0.86
	24	3.67(0.78)	4.42(0.79)	0.75(0.75)	3.447	**	.005	0.99
	25	3.67(0.65)	4.33(0.78)	0.67(0.98)	2.345	*	.039	0.68
	26	3.67(0.78)	4.33(0.89)	0.67(0.89)	2.602	*	.025	0.75
	27	3.67(0.65)	4.42(0.79)	0.75(0.75)	3.447	**	.005	0.99
TPK	28	3.58(0.9)	4.25(0.75)	0.67(1.07)	2.152	*	.054	0.62
	29	3.67(0.89)	4.17(0.72)	0.50(1.00)	1.732		.111	0.50
	30	4.08(0.51)	4.50(0.67)	0.42(0.79)	1.820		.096	0.53
TPACK	31	3.58(0.90)	4.08(1.00)	0.50(1.09)	1.593		.139	0.46
	32	3.67(0.89)	4.50(0.80)	0.83(0.94)	3.079	*	.010	0.89
	33	3.42(0.67)	4.25(0.75)	0.83(1.11)	2.590	*	.025	0.75
	34	3.58(0.79)	4.42(0.79)	0.83(1.11)	2.590	*	.025	0.75
	35	3.42(0.79)	3.92(0.67)	0.50(0.90)	1.915		.082	0.55
	36	3.67(0.78)	4.17(0.83)	0.50(1.00)	1.732		.111	0.50
TPACK (P)	37	3.50(0.80)	4.00(0.95)	0.50(0.80)	2.171	*	.053	0.63
	38	3.33(0.65)	4.25(0.75)	0.92(0.90)	3.527	**	.005	1.02
	39	3.75(0.62)	4.25(0.75)	0.50(0.90)	1.915		.082	0.55
	40	3.42(0.79)	4.25(0.75)	0.83(1.03)	2.803	*	.017	0.81

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

Ⅴ. 요약 및 결론

최근 인공지능을 비롯한 과학 기술이 급속도로 성장하고 있으며 교육을 포함하여 사회 전반에 미치는 영향이 커지고 있다. 학생들은 학교 수업을 통해 미래의 삶에 적응하고 살아갈 수 있는 역량을 배울 필요가 있으며, 특히 과학 기술 발전의 바탕이 되는 수학과의 수업에서 인공지능 관련 내용을 다루고 프로그래밍을 교육하는 것은 필수적이라고 볼 수 있다(고호경, 2020). 이를 위해서는 수학교사의 역량 즉, TPACK-P 신장이 우선되어야 하며, 관련한 교사 교육 프로그램이 마련될 필요가 있다. 본 연구에서는 선행 연구 분석을 토대로 예비수학교사의 TPACK-P 신장을 위한 12주간의 로봇 프로그래밍 강의를 설계하고 그 효과를 분석하였다.

강의는 분석, 탐색, 1차 마이크로티칭, 2차 마이크로티칭의 단계로 설계했는데, 각 마이크로티칭 단계에서는 설계, 적용, 평가 단계가 포함되도록 하였다. 예비수학교사들은 분석 단계에서 좋은 수학 수업, 수학 수업의 문제점, 로봇 프로그래밍의 기대 효과에 대해 논의하고, 로봇 프로그래밍을 통한 수학 수업을 어떻게 설계해야 할 것인지에 대해 브레인스토밍을 하였다. 이후 탐색 단계에서는 기본적인 로봇 프로그래밍을 익히고 TPACK 이론을 탐색하며, 무엇보다 수학과 교육과정의 내용 요소 중 어떤 부분에 로봇 프로그래밍을 적용할 수 있을지 생각해보도록 하였다. 그 결과, 예비수학교사들은 중학교 내용 중에는 함수와 기하 영역, 특히 '좌표평면과 그래프', '일차함수와 그래프', '일차함수와 일차방정식의 관계', '작도와 합동'에 로봇 프로그래밍을 적용할 수 있을 것으로 기대하였다. 고등학교 <수학>에서는 '평면좌표', '직선의 방정식', <수학Ⅰ>에서는 '삼각함수', <수학Ⅱ>에서는 '정적분'이 가장 적합하다고 응답했다. 이후 1차 마이크로티칭과 2차 마이크로티칭을 통해 로봇의 센서의 특징을 이해하고, 한 차시 분량의 수업을 설계, 실연, 평가 및 성찰하였다.

한편, 이 강의의 전후에 TPACK-P 검사를 실시한 결과, TPACK의 모든 하위요인에서 사전검사보다 사후검사의 점수가 높았으며, 특히 TCK는 유의수준 1%에서, TPK, TRACK, TRACK(P) 요인에서 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 평균 차이가 관찰되었다. 문항별 종속표본 t 검정 결과, TCK, TPK, TPACK, TPACK(P) 범주에서 사전검사보다 사후검사의 평균이 유의하게 높은 문항이 포함된 것으로 나타났다. 이는 연구에서 설계한 강의가 예비수학교사의 TPACK-P 신장에 긍정적인 영향을 주었음을 보여준다.

본 연구에서 설계한 강의 시간에는 실물 로봇으로 수업을 했으며 강의 후 학생들이 팀별 논의를 하거나 정밀한 결과를 요구되는 시뮬레이션을 할 때에는 가상 로봇(Virtual Robotics Toolkit)도 사용하도록 제안하였다. 두 종류의 로봇을 사용한 것은 팀 프로젝트를 유연하게 진행하는 데 도움이 되었으며, 추후 블렌디드 수업을 운영할 수 있는 가능성도 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 강의를 수강한 예비수학교사 12명만을 대상으로 한다는 점에서 제한적이지만 이 연구를 바탕으로 프로그램을 개선하여 반복적인 연구를 수행한다면 예비수학교사 대상의 TPACK-P 신장을 위한 보다 양질의 프로그램을 개발할 수 있을 것으로 기대되며, 이를 후속 연구로 제안하는 바이다.

참고 문헌

고호경(2020). 인공지능(AI) 역량 함양을 위한 고등학교 수학 내용 구성에 관한 소고. **한국학교수학회 논문집, 23**(2), 223-237.

교육부(2015). **수학과 교육과정.** 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8].

교육부(2020). **수학과 교육과정.** 교육부 고시 제2020-236호 [별책 8].

교육부(2020.5.). **수학교육 종합계획 (2020년~2024년).** 교육부 교육과정정책관.

교육부(2022). **수학과 교육과정.** 교육부 고시 제2022-33호 [별책 8].

김성원(2020). **예비 교사의 수업 전문성 향상을 위한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램 개발.** 한국교원대학교 박사논문.

김성원, 이영준(2017a). 프로그래밍 기반 테크놀로지 교수 내용 지식 향상을 위한 교육 모델 개발. **한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집, 25**(1), 261-262.

김성원, 이영준(2017b). Development of TPACK-P Education Program for Improving Technological Pedagogical Content Knowledge of Pre-service Teachers. *Journal of The Korea Society of Computer and Information, 22*(7). 141-152.

김성원, 이영준(2018). 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 자아효능감에 미치는 효과. **한국컴퓨터교육학회 논문지, 21**(6), 49-59.

김성원, 이영준(2020). Effects of Programming-based TPACK Education Program on the Teaching Expertise of Pre-service Teachers. **한국컴퓨터정보학회논문지, 25**(7), 213-224.

김영기, 한소영(2002). 소마큐브와 T자형 퍼즐 중심의 LOGO 프로그램을 활용한 수학 영재 교육. **수학교육논문집, 14,** 395-403.

김예미, 고호경, 허난(2020). 파이썬을 활용한 중학교 1학년 소인수분해의 수학과 코딩 융합 교수·학습 자료 개발 연구. **수학교육 논문집, 34**(4), 563-585.

김은정, 김선회, 남동수, 이태욱(2013). 스크래치를 활용한 PBL기반 수학 학습 컨텐츠 개발. **한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집, 21**(1), 309-312.

나귀수, 박미미, 김동원, 김연, 이수진(2018). 미래 시대의 수학교육 방향에 대한 연구. **수학교육학연구, 28**(4), 437-478.

박기철, 강성주(2014). 초·중등교사의 테크놀로지 교수내용지식(TPACK)에 대한 인지경로 모형 개발. **교원교육, 30**(4), 349-375.

박대륜, 유인환(2018). 초등학생을 위한 로봇 활용 파이썬 학습 모형 개발. **정보교육학회논문지, 22**(3), 357-366.

박희숙(2018). 예비유아교사의 마이크로티칭을 활용한 수업역량 탐색. **육아지원연구, 13**(4), 227-250.

변윤성, 김선희(2020). 고등학교 수학 교사의 공학 도구 활용 자기연구를 통한 TPACK 변화 분석. **학교수학, 22**(2), 373-394.

송정범(2017). 스크래치 활용 게임 프로그래밍 학습이 수학교과 흥미와 가치인식에 미치는 영향. **정보교육학회논문지, 21**(2), 199-208.

이도영, 정종인(2019). 중학교 수학 통계 영역과 파이썬(Python) 프로그래밍 융합수업이 문제해결력과 교과 흥미도에 미치는 영향. **한국산학기술학회논문지, 20**(4), 336-344.

이서빈, 고상숙(2018). 파이썬을 활용한 수학교과 코딩수업(DM3)의 효과. **수학교육학연구, 28**(4), 479-499.

임해미(2009). 예비 수학교사의 테크놀로지 내용교수지식(TPACK) 신장을 위한 팀 프로젝트 효과 연구. **수학교육학연구, 19**(4), 545-564.

임해미, 최인선(2019). Van Hiele 기하 학습 수준 이론에 따른 LEGO 마인드스톰 활동 수준 분석. **한국학교수학회논문집, 22**(3), 257-275.

최인용, 김화경, 이화영, 임해미(2021). 프랑스 고등학교 수학 교과서의 '알고리즘과 프로그래밍' 영역 분석. **학교수학, 23**(4), 617-646.

황우형(1999). 로고(LOGO)언어의 중등수학교육 활용방안. **수학교육, 38**(1), 15-35.

Agyei, D. D., & Voogt, J. (2012). Developing technological pedagogical content knowledge in pre-service mathematics teachers through collaborative design. *Australasian journal of educational technology, 28*(4), 547-564.

Angeli, C. & Valanides N. (2005). Preservice elementary teachers as information and communication technology designers: An instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning, 21*(4), 292-302.

Baran, E., & Uygun, E. (2016). Putting technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) in action: An integrated TPACK-design-based learning (DBL) approach. *Australasian journal of educational technology, 32*(2), 47-63.

Bocconi, S., Chioccariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education - Implications for policy and practice*. EUR 28295 EN; doi:10.2791/792158.

Forsström, S. E., & Kaufmann, O. T. (2018). A literature review exploring the use of programming in mathematics education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 17*(12), 18-32.

Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational thinking: A competency whose time has come. Computer science education. *Perspectives on teaching and learning in school, 19*(1), 19-38.

Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education, 55*(3), 1259-1269.

Koehler, M. J., Mishra, P. & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers & Education, 49*(3), 740-762.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record, 108*(6), 1017-1054.

Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher, 15*(2), 4-14.

Analysis of Instructional Design and Effect for Pre-service Mathematics Teachers' TPACK-P Improvement

Jeon, Youngju [1] · Rim, Haemee [2]

Abstract

This study aimed to design a robot programming lecture for pre-service mathematics teachers to improve their TPACK-P (TPACK-Programming) and analyze its effectiveness. The lecture design involved stages of analysis, exploration, primary micro-teaching, and secondary micro-teaching, with each stage including design, application, and evaluation. The TPACK-P survey was conducted before and after the lecture, and the results indicated a statistically significant difference in TCK at the 1% significance level and TPK, TRACK, and TRACK(P) at the 5% significance level. Further analysis using dependent sample t-tests showed that the post-test mean was significantly higher than the pre-test mean in categories such as TCK, TPK, TPACK, and TPACK(P). These findings suggest that the designed lecture positively affected the growth of pre-service mathematics teachers' TPACK-P.

Key Words : TPACK-P, pre-service teacher education, robot programming

Received February 28, 2023
Revised March 25, 2023
Accepted March 26, 2023

* 2010 Mathematics Subject Classification : 97C70, 97D40

1) Jeonbuk National University (jyj@jbnu.ac.kr)
2) Kongju National University (rimhaemee@kongju.ac.kr), Corresponding Author

<부록> TPACK-P 검사 문항

하위요인	번호	문항
PK	1	나는 학생들의 조별 활동이 이루어지는 동안 효과적인 토의가 이루어질 수 있도록 안내할 수 있다.
	2	나는 학생들에게 도전적인 과제를 제시함으로써 학생들의 사고를 확장시킬 수 있다.
	3	나는 학생들이 자신의 학습을 통제하고 관리할 수 있도록 도울 수 있다.
	4	나는 구성주의에 관한 다양한 교수 학습 방법(협동학습, 탐구학습 등)을 알고 있다.
	5	나는 학생들이 자신의 학습 전략에 대해 뒤돌아 볼 수 있도록 도울 수 있다.
	6	나는 학생들의 학업성취도를 평가할 수 있는 다양한 방법을 알고 있다.
	7	나는 수학 과목이 학생들에게 왜 필요한지 알고 있다.
TK	8	나는 테크놀로지를 다루고 활용하는 방법을 쉽게 배울 수 있다.
	9	나는 내게 필요한 새로운 테크놀로지를 꾸준히 습득한다.
	10	나는 테크놀로지를 효과적으로 사용하는데 필요한 기술을 가지고 있다.
	11	나는 테크놀로지를 사용할 때 발생하는 문제를 스스로 해결할 수 있다.
CK	12	나는 수학 교과 내용에 대한 충분한 지식을 가지고 있다.
	13	나는 수학 교과 내용에 대해 수학자처럼 생각할 수 있다.
	14	나는 수학 교과 내용을 가르치는데 자신이 있다.
	15	나는 수학 교과 내용을 보다 깊이 있게 이해하기 위한 다양한 방법과 전략을 가지고 있다.
PCK	16	나는 테크놀로지의 사용 없이 수학 교과 내용에 대한 학생들의 이해도를 평가할 수 있는 적절한 평가 방법을 알고 있다.
	17	나는 테크놀로지의 사용 없이 수학 교과 내용에 대한 학생들의 이해를 높일 수 있는 다양한 수업 전략을 사용할 수 있다.
	18	나는 테크놀로지의 사용 없이 학생들이 수학 교과 내용과 관련된 실생활 문제를 해결하는 데 관심을 가지도록 할 수 있다.
	19	나는 테크놀로지의 사용 없이 수학 교과 내용에 대한 학생들의 이해 정도를 높이기 위해 학생들의 평가 결과를 바탕으로 적절한 피드백을 제공할 수 있다.
	20	나는 테크놀로지의 사용 없이 학생들이 수학 교과 내용에 대한 의미있는 토의가 이루어지도록 도울 수 있다.
	21	나는 테크놀로지의 사용 없이 학생들이 이해하기 어려워하는 수학 내용에 대한 해결책을 제시할 수 있다.
TCK	22	나는 수학 교과 내용의 수업을 위해 특별히 만들어진 소프트웨어를 사용할 수 있다.
	23	나는 수학 과목의 교재 연구를 위해 필요한 테크놀로지에 대해 알고 있다.
	24	나는 수학 교과 내용을 학생들에게 전달하는데 효과적인 테크놀로지를 알고 있다.
	25	나는 구성주의 교수 학습 전략의 효과적인 수행을 도울 수 있는 테크놀로지를 선택할 수 있다.
	26	나는 학생들에게 수학이 실생활을 연계할 수 있도록 테크놀로지를 사용할 수 있다.
	27	나는 테크놀로지를 통해 학생들의 협업 과정을 촉진시킬 수 있다.
TPK	28	나는 학생들이 자신의 학습을 계획하거나 관리하는데 테크놀로지를 사용하도록 도울 수 있다.
	29	나는 학생들의 학업 성취도를 효과적으로 평가할 수 있는 테크놀로지를 선택하여 사용할 수 있다.
	30	나는 학생들이 수학 내용 지식을 다양한 형태로 구성할 수 있도록 하기 위해 학생들에게 테크놀로지를 사용할 것을 권장할 수 있다.
TPACK	31	나는 적절한 테크놀로지를 사용하여 학생들의 수학 지식의 이해를 돕는 탐구 활동을 설계할 수 있다.
	32	나는 적절한 테크놀로지를 사용하여 학생들이 수학 지식을 다양한 형태로 구성할 수 있도록 도울 수 있는 활동을 만들 수 있다.
	33	나는 테크놀로지를 사용하여 수학 수업 내용에 대한 학생들의 학업 성취도를 효과적으로 파악하고 이에 대한 적절한 피드백을 제공해줄 수 있다.
	34	나는 학생 중심의 학습을 위해, 수학 내용 지식, 테크놀로지, 교수법이 적절하게 결합된 수업을 설계할 수 있다.
	35	나는 적절한 테크놀로지를 사용하여 수학 내용 지식에 대한 학생들의 자기 주도적 학습이 가능한 활동을 만들 수 있다.
	36	나는 수학 내용 지식에 대한 상세한 토론 주제를 선정하고, 적절한 테크놀로지로 학생들의 협업을 촉진할 수 있다.
TPACK (P)	37	나는 프로그래밍을 쉽게 배울 수 있다.
	38	나는 수학 교과 내용의 수업을 위해 프로그래밍을 할 수 있다.
	39	나는 학생들이 수학 내용 지식과 기능을 다양한 형태로 구성할 수 있도록 학생들에게 프로그래밍을 할 것을 권장할 수 있다.
	40	나는 적절한 프로그램을 사용하여 학생들이 수학 지식의 이해를 돕는 프로그래밍 활동을 설계할 수 있다.