

## 예비교사의 디지털 기반 원주율 교수학습자료 개발 사례 연구

강향임(공주교육대학교, 강사)  
최은아(우석대학교, 교수)<sup>†</sup>

본 연구의 목적은 디지털 기반 원주율 교수학습자료를 개발하는 과정에서 예비교사들의 디지털 역량과 원주율에 대한 내용지식이 어떻게 나타나고 강화되는지를 분석함으로써 예비교사 교육에 주는 시사점을 도출하는 것이다. 이를 위해 알지오메스 환경에서 두 명의 예비교사가 블록 코딩을 활용하여 원주율 지도를 위한 탐구활동 자료를 개발하는 과정을 분석하였다. 분석 결과를 통해, 알지오메스의 블록 코딩 활동이 예비교사의 디지털 역량을 발전시키고 확장하는 경험을 제공하였다는 것과 예비교사들의 원주율에 대한 내용 지식을 심화시키는 기회가 되었으며 디지털 자료 개발 환경의 한계점을 인식할 수 있는 계기가 되었음을 확인하였다. 또한 예비교사들의 디지털 역량 강화 프로그램으로 블록 코딩을 적극적으로 활용할 필요가 있다는 것과 디지털 교수학습자료 개발에 필요한 지식으로 예비교사 교육에서 교육과정에 대한 이해를 강조할 필요가 있음을 제언하였다.

### I. 서론

최근 교육부는 디지털 전환이 가속화됨에 따라 인재 양성의 주체인 교육 현장에서 교육의 내용이자 도구로서 디지털 기술을 이해하고 활용하는 것에 대한 요구를 반영하여 관계부처와 합동으로 디지털 인재양성 종합방안을 발표하였다(관계부처합동, 2022). 주요 내용은 2026년까지 100만 디지털 인재를 양성하고, 전 국민의 디지털 교육 기회를 확대하고 디지털 역량을 강화하는 것이다. 이에 따라 초·중등학교에서는 수학, 과학과 같은 다양한 교과와 연계·활용 가능한 SW·AI 융합교육 프로그램을 개발하고 적용하는 것을 추진함으로써 SW·AI 융합교육을 활성화하는 과제를 수행한

다. 수학과에서는 수정 고시된 2015 개정 수학과 교육과정에서 인공지능 수학을 추가 개발하여(교육부, 2020) 이미 현장에서 개설·운영 중에 있으며, 2022 개정 수학과 교육과정에서는 기초 소양으로서 디지털 소양 함양과 교수학습방법으로 교구나 공학 도구의 활용 역량을 강조하고 있다(교육부, 2022). 새로운 교육과정의 교수·학습방법에서는 공학 도구의 활용이 추상적인 수학 내용을 시각화하고 수학의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 도울 수 있다는 것과 학생이 주도적으로 공학 도구를 활용하여 탐구하게 할 것을 강조하고 있다.

수학교육에서 공학 도구를 활용한 수업의 교육적 시사점을 밝힌 연구들(류희찬, 이은주, 2013; 한상현, 2018; 박래성, 권종겸, 이동엽, 2019; 권소정, 권지은, 2021)은 GSP, Desmos, Fathom, AlgeoMath와 같은 공학 도구의 적절한 사용이 수학 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제해결력 향상 및 수학에 대한 흥미도와 성취도의 개선에 효과적임을 주장하고 있다. 새로운 교육과정의 교수학습방법에서도 제시되어 있듯이, 공학 도구는 추상적인 수학 내용을 직관적으로 접근하게 하고 변화하는 내용을 시각적으로 확인할 수 있게 함으로써 수학 내용을 구체화하여 이해하는 데 도움을 제공한다(김훈주, 이승진, 2022). 이처럼 수학교육에서 공학 도구의 활용은 제2차 수학교육 종합계획(2015~2019)과 제3차 수학교육 종합계획(2020~2024)에서 공학 도구 활용 지원을 강조함에 따라(교육부, 2015; 교육부, 2020), 공학 도구 활용이 수학 교과서에 반영되었으며 교육부는 학생 중심의 탐구형 공학의 활용을 현장에 정착시키기 위해 교과서와 학교 현장에서 사용될 수 있도록 무료 웹 소프트웨어인 알지오메스(AlgeoMath)를 개발하였다.

본 연구는 공학 도구로서 알지오메스가 가지는 장점 중의 하나인 블록 코딩 기능이 초점이 맞추어져 있다. 최적화된 코드를 작성하는 코딩 과정에 수학의 원

\* 접수일(2022년 12월 13일), 심사(수정)일(2023년 1월 2일), 게재확정일(2023년 1월 17일)

\* MSC2000분류 : 97D40

\* 주제어 : 예비교사, 원주율 개념, 디지털 자료 개발, 블록 코딩, 교수학습자료

† 교신저자 : eunachoi@woosuk.ac.kr

리가 내재되어 있기 때문에 코딩과 융합하기 가장 좋은 과목은 수학이라고 볼 수 있다(김나리, 서용현, 조한혁, 2018). 특히 블록 코딩은 대수식에 익숙하지 않은 초등학생들에게 상대적으로 접근이 용이하다고 평가받고 있다. 그동안 코딩을 활용한 수학수업에 대한 연구가 조금씩 확대되고 있는 추세 속에서 블록 기반의 프로그래밍인 스크래치와 엔트리를 활용한 연구(한선관, 김수환, 2010; 서정환, 2012; 백구열, 2019; 이상경, 2019)와 텍스트 기반의 프로그래밍인 파이썬을 활용한 연구(이서빈, 고상숙, 2017; 심광섭, 심성아, 2018; 이도영, 정종인, 2018)가 수행되었다. 그런데 지금까지 수학교육 분야에서 예비교사를 대상으로 알지오매스의 코딩을 적용한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

본 연구는 공학 도구 알지오매스를 적용할 학교 수학의 내용 요소를 초등학교 6학년 2학기에 지도하고 있는 원주율로 선정하였다. 원주율은 학생들이 학교수학에서 가장 먼저 만나는 무리수로, 초등학교에서 수와 연산 영역이 아닌 측정 영역에서 다루기 때문에 원주가 단위인 지름의 몇 배에 해당하는지를 어렵하고 실제 측정을 통해 얻은 원주를 지름으로 나누어 보는 유한 번의 과정으로 얻은 몫을 원주와 반지름의 비율로서 이해해야 한다. 그리고 다양한 크기의 원에 대하여 원주와 지름의 비로서 원주율의 상수성을 인식해야 한다. 추가로 원주율이 갖는 무한성 또한 간접적으로 경험하게 된다. 이와 같이 원주율은 다양한 수학적 개념과 연관되어 있어 교사와 학생들이 경험하고 이해해야 할 개념의 깊이가 단순하고 쉽지 않다(허선희, 2019). 실제로 강향임과 최은아(2015)는 초등학생들이 배우는 원주율의 다양한 속성을 측정, 몫, 무한, 비율 그리고 상수성으로 분류한 바 있다. 이렇듯 다양한 원주율의 속성 때문에 원주율이 갖는 속성을 지도해야 하는 교사에게나 학습하는 학생에게 원주율은 쉽지 않은 개념이다. 따라서 원주율의 개념 이해에 어려움을 완화시켜줄 수 있는 교수학습 방법으로 공학 도구에 주목할 필요가 있다. 이와 관련하여 예비교사들이 공학 도구로서 블록 코딩을 활용하여 원주율 개념을 지도할 수 있는 자료를 개발할 수 있는지에 대한 가능성을 확인하는 것은 의미가 있다.

이에 본 연구에서는 디지털 기반 원주율 교수학습 자료를 개발하는 과정에서 예비교사들의 디지털 역량과 원주율에 대한 내용 지식이 어떻게 나타나고 강화

되는지 살펴보고자 한다. 이를 위해 먼저 원주율의 개념에 대한 이론적 논의와 교수학적 관점에서 원주율에 대한 선행연구를 확인한다. 선행연구를 통해 원주율을 지도하는 방식과 학생들의 이해를 확인하는 것은 원주율 교수학습자료의 내용 구성과 자료 개발 과정을 분석하는 기준을 제공할 수 있다.

## II. 이론적 배경

### 1. 원주율 개념과 그 지도

Baravalle(1969)와 정동권(1998)은 원주율 계산 방법의 역사적 발달이 경험적으로 추측한 단계로부터 아르키메데스의 고전적 방법에 의한 산출 단계, 대수적 방법과 정교한 이론적 단계를 거쳐 오늘날의 컴퓨터를 이용한 계산 단계로 진행해왔다고 설명한다. 중요한 것은 이 과정에서 원주율의 여러 가지 의미와 속성이 밝혀지고 개념화되었다는 것이다(최영기, 홍갑주, 2008; Baravalle, 1969; Beckmann, 2002; Boyer, 1968).

원주율이 가지는 다의적 측면이 학교 수학에서 어떻게 지도되고 있는지를 살펴본 교수학적 관점의 연구로 신대운(2009), 강향임, 최은아(2015), 조혜정(2006)과 허선희(2019)의 연구를 들 수 있다. 신대운(2009)은 원주율의 근삿값에 대한 초등학생의 이해를 조사하여 원주율을 3으로 학습한 실험집단이 그렇지 않은 비교집단에 비해 원과 원기둥 단원에서 높은 성취도를 나타내었음을 보여주었다. 강향임과 최은아(2015)는 초등영재교육 대상자 12명을 대상으로 원주율 개념의 여러 가지 속성에 대한 이해정도를 조사하였다. 연구자들은 영재 학생들에게서 '원주율=3.14'라는 사고의 고착화가 보인다는 점과 원주율 값의 근사성과 무한성, 상수성에 대해 미흡하게 이해하고 있다는 점, 원주율에 대한 개념적 이해보다는 '(원주)÷(지름)'의 대수적인 식으로 이해하려는 성향이 있음을 드러내었다. 조혜정(2006)은 중학생 79명을 대상으로 원주율에 대한 이해도를 조사하여 상당수의 중학생들이 원주율을 '지름의 길이에 대한 원주의 비'로 이해하지 못하고 사고의 고착화로 인하여  $\pi$ 가 아니라 근삿값 3.14를 사용하여 계산한다는 점을 밝혔다. 허선희(2019)는 중학교 3학년 학생 29명을 대상으로 비율, 정비례 관계에서 비례상

수, 무리수로서 원주율을 어떻게 이해하고 있는지를 조사하여 다수의 학생들이 지름과 원주 사이의 곱셈적 관계를 직관적으로 이해하지 못하고 있는 점과 지름과 원주 사이의 관계식이나 공변성을 설명하지 못했다는 점 등 원주율에 대한 중학생들의 미흡한 이해를 확인하였다. 이상의 연구들은 원주율 지도의 시사점으로 지름을 단위로 하여 원의 둘레를 측정하는 활동으로 원주율을 도입할 것과 공학 도구 등을 활용하여 직관적인 이해를 도모하고 원주율의 다양한 의미 학습이 가능하도록 다양한 상황을 제시할 것을 제안하고 있다.

최은아(2018)는 강향임과 최은아(2015)의 연구를 재 정리하여 원주율 개념의 속성을 비율, 측도, 상수성, 뫼, 무한성으로 분류하였다. 원주율의 비율 속성은 원주율이 ‘원의 지름에 대한 원주의 비율’임을 의미하는 것으로, 동일한 길이 속성을 가진 두 양인 지름과 원주의 곱셈적 관계를 나타낸다. 측도 속성은 원주율을 지름을 단위로 원주를 측정할 때 원주가 지름의 몇 배인지를 수치화한 값으로 해석하는 것이다. 원주율의 상수성은 모든 원은 닮은 도형이라는 성질에 기반하여 두 원의 둘레와 지름의 비는 항상 일정하다는 것을 의미한다. 뫼 속성은 ‘원주 : 지름 = 원주율’이라는 계산식을 의미하며, 원주율의 비율 속성과 자연스럽게 연결된다. 무한성은 원주율  $\pi$ 가 순환하지 않는 무한소수라는 것으로, 원에 내접·외접하는 다각형의 변의 수를 계속 증가시킴으로써 원하는 만큼의 정밀한 원주율 값을 구할 수 있다는 아르키메데스의 재귀적 알고리즘은 무한의 아이디어가 내재된 원주율의 근사성과 연결된다.

한편, 교사들은 대체로 교과서의 내용을 그대로 수업에 활용하려는 경향을 보인다(조수현, 김구연, 2021). 이처럼 교과서는 학교 현장에서 교사가 실행하는 교수 활동의 실제적 준거로서 의미를 가진다. 이에 따라 본 연구에서는 2023년부터 적용 예정인 2015 개정 교육과정에 따른 10종의 검정 교과서에서 원주율 관련 내용을 추가 분석하였다. 검정 교과서 모두 원주율을 ‘원의 지름에 대한 원주의 비율’이라고 약속하고 있었지만, 사전에 제시된 발문과 활동 속에서 측정 활동을 통해 얻은 ‘(원주)÷(지름)’ 결과를 ‘뫼’ 형태의 계산식에 집중하는지, ‘원의 지름에 대한 원주의 비율’이라는 원주율의 정의와 일관된 비율 속성에 주목하도록 하는지에 있어서 차이를 나타내었다. 한편 원주율의 측도 속성은 대부분의 교과서가 제시하고 있는 측정 활동인 중

이 자에 원 모양의 바퀴를 직접 굴려 원주를 측정하는 활동과 원주의 측정값이 지름의 측정값의 몇 배인지를 계산하는 활동으로 제시되고 있었다. 그런데 원주와 지름의 측정값을 얻으면 바로 ‘(원주)÷(지름)’의 연산으로 직행하는 방식은 측정 활동 속에서 측도의 속성을 탐구하는 과정을 거치지 않고 바로 뫼이라는 계산식으로 진행한다는 점에서 다소 아쉬운 점이었다. 원의 크기에 상관없이 지름에 대한 원주의 비율이 일정하다는 원주율의 상수 속성을 언급한 교과서는 4종에 불과하였다. 한편, 검정 교과서 모두 원주율 개념을 정의하고 설명에서 무한 속성을 드러내고 있었지만, 원주율의 무한 속성에 따른 근사값을 상황에 따라 적절하게 선택할 수 있는 자율성의 정도에는 차이를 보이고 있었다. 다만, 계산기 이외의 공학 도구가 전혀 제시되지 않았다는 것은 공학 도구의 활용이 원주율 개념의 탐구와 이해에 도움을 줄 수 있다는 점에서 상당히 아쉬운 부분이었다.

## 2. 수학교육에서 공학 도구의 활용

### 가. 공학 도구의 활용과 실태

수학교육에서 공학 도구를 활용한 수업의 교육적 시사점을 밝히는 연구가 지속적으로 수행되어왔다. 다수의 연구(류희찬, 이은주, 2013; 한상현, 2018; 박래성, 권중겸, 이동엽, 2019; 권소정, 권지은, 2021)가 GSP, Desmos, Fathom, AlgeoMath와 같은 공학 도구의 적절한 사용이 수학 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 및 수학에 대한 흥미도와 성취도의 개선에 효과적임을 밝히고 있다. 수학은 엄밀한 논리를 바탕으로 규칙을 발견하고 이를 형식화한 후 개별 문제 해결에 적용한다. 기호로 표현되는 형식화 자체가 학생들이 수학을 이해하고 적용하는데 많은 어려움을 유발하는 원인이 될 수 있다(김성수, 2019). 공학 도구는 추상적인 수학 내용을 직관적으로 접근하게 하고 변화하는 내용을 시각적으로 확인할 수 있게 함으로써 수학 내용을 구체화하여 이해하는 데 도움을 제공한다(김훈주, 이승진, 2022). 또한 공학 도구를 활용하여 수학을 탐구하고 체험하는 활동은 학생들 스스로 문제를 해결하는 수학적 성공 경험 과정을 제공할 수 있으며, 이를 통해 수학에 대한 자신감을 느끼고 흥미와 동기유발에 효과적이라는 측면에서 긍정적인 조건을 갖추고

있다(권소정, 권지은, 2021).

수학수업에서 공학 도구의 활용은 이전 교육과정에서부터 지속적으로 강조되어 왔으며, 특히 2015 개정 교육과정에서는 영역별 교수학습방법 및 유의사항과 교수학습 방향에서 공학의 활용을 반복적으로 강조하고 있다. 이와 관련하여 박경미 외(2015, p. 22)는 교육과정에서 공학 활용을 강조하는 이유를 수학 내용을 성급하게 형식화, 기호화하는 수학 수업에서의 고질적인 문제점을 개선하기 위함이라고 설명하고 있다. 실제로 2015 개정 교육과정의 교수학습 방법에는 정보처리능력 함양을 위한 강조점으로, ‘계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다’가 제시되어 있다(교육부, 2020). 2022 개정 교육과정에서는 디지털 소양 함양과 연계하여 공학 도구의 활용이 더 강조되고 있다. 교수학습 방향에는 수학 내용 특성에 적합한 도구나 공학 도구를 선택하여 효율적인 교수·학습이 이루어지도록 하고 학생들의 디지털 소양 함양을 도모할 것을 밝히고 있다. 또한 교수학습방법에는 정보처리역량을 함양하게 하는 구체적 내용으로, 공학 도구를 활용하여 추상적인 수학 내용을 시각화하고 수학의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 도울 것, 학생이 주도적으로 공학 도구를 활용하여 탐구하게 할 것, 계산 기능 함양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서는 복잡한 계산을 할 때 공학 도구를 이용할 수 있게 할 것이 제시되고 있다(교육부, 2022).

수학과 교육과정 차원의 공학 도구 활용의 강조에 따라 현장에서는 수학수업에 공학 도구 활용을 활성화해야 한다는 수학교육 안팎의 요구가 있었으며, 실제로 공학 도구가 수학수업에서 어떻게, 얼마나 활용되고 있는지에 대한 실태를 살펴본 연구들이 수행되었다. 홍진곤 외(2020)는 2015 개정 수학과 교육과정의 현장 실태를 분석하기 위해 현직교사들을 대상으로 교육과정의 변화에 따라 현재 공학적 도구가 학교에서 많이 활용되고 있는지를 조사하였다. 교사들의 긍정적인 반응은 초등학교 약 55%, 중학교 약 63%, 고등학교 약 26%로, 수치상으로 초·중학교 현장에서 공학 도구의 활용의 비율이 상대적으로 높음을 짐작할 수 있다. 김훈주와 이승인(2022)은 수업시간에 공학적 도구를 활

용한 경험이 있는 현직교사 134명을 대상으로 수업 중 공학적 도구의 활용 방식을 조사하였다. 조사 결과, 공학 도구를 활용 사례로서 시범적으로 구현만 하거나 일회성에 그친 사례가 약 53% 수준이었다. 홍진곤 외(2020)와 김훈주와 이승인(2022)은 모두 현직교사들의 수학 수업에서의 공학 활용이 여전히 교사 중심을 벗어나지 못하고 있다는 점을 지적하면서 공학 도구 활용이 정착되었다고 보기에는 아직 미흡하다고 판단하였다. 김성원과 이영준(2018)은 현장에서 공학 도구의 활용을 지원하기 위하여 예비교사와 교사의 공학 활용 역량을 제해하는 요인들, 예를 들어 공학이 가진 기능적인 한계점이나 자신의 교과에 필요한 프로그램을 제작하는 과정에서 느끼는 어려움 등을 조사하여 이를 해소하는 방안을 모색해야 한다고 제안하였다.

#### 나. 수학교육에서 코딩과 알지오메스

코딩은 최적화된 코드를 작성하는 과정에 수학의 원리가 내재되어 있기 때문에 코딩과 융합하기 가장 좋은 과목은 수학이라고 볼 수 있다(김나리, 서용현, 조한혁, 2018). 심광섭과 심성아(2018)는 학교수학에서 컴퓨터를 이용하는 문제해결능력 개발을 중요하게 다루어야 하고, 이를 위하여 코딩 교육을 수학과 교육과정에 포함할 필요가 있음을 주장하고 있다. 최근 국내에서는 코딩을 활용한 수학수업에 대한 연구가 조금씩 확대되고 있는 추세이며, 주로 텍스트 기반의 프로그래밍인 파이썬을 활용한 연구(이서빈, 고상숙, 2017; 심광섭, 심성아, 2018; 이도영, 정종인, 2018)와 블록 기반의 프로그래밍인 스크래치와 엔트리를 활용한 연구(한선관, 김수환, 2010; 서정환, 2012; 백구열, 2019; 이상경, 2019; 강하람, 임채령, 조한혁, 2021)가 이루어졌다.

텍스트 기반의 프로그래밍인 파이썬을 활용한 이서빈과 고상숙(2017)은 중학교 1학년 학생 59명을 대상으로 함수 단원을 코딩 수업으로 연계하여 적용하여 학생들의 코딩에 대한 자기효능감에 긍정적인 변화가 나타났음을 보고하였다. 이도영과 정종인(2018)은 중학교 2학년 20명을 대상으로 통계를 파이썬과 융합한 수업을 진행하여 학생들의 문제해결력과 프로그래밍과 수학에 대한 흥미가 모두 높아졌음을 보여주었다. 또한 심광섭과 심성아(2018)는 파이썬 프로그램을 이용하여 약수와 최대공약수, 배수와 최소공배수의 코딩 작성과 소수를 판별하는 알고리즘으로 구성된 중학교

1학년 소인수분해 단원의 코딩 지도 방안을 제시하였다. 김예미, 고희경, 허난(2020)은 파이썬을 활용한 수학과 코딩의 융합 수업 교수·학습 자료를 개발하기 위해 중학교 1학년 소인수분해 단원을 중심으로 수업지도안과 학생 활동지를 개발한 바 있다.

블록 기반의 프로그래밍을 다룬 한선관과 김수환(2010)은 초등학교 3학년 9명과 5학년 11명을 대상으로 10일 동안 스크래치를 예제로 학습하고 이를 응용하는 코딩 수업을 진행하여 저학년이 고학년보다 수학적 사고력과 수학적 태도에서 긍정적인 결과를 나타냄을 보여주었다. 서정환(2012)은 6학년을 대상으로 스크래치 프로그램을 이용한 수업을 적용한 결과 스크래치 수업을 진행한 실험집단이 일반 수업을 진행한 비교집단보다 수학적 개념 이해, 문제해결력, 수학 학업성취도에 효과적임을 확인하였다. 백구열(2019)은 엔트리를 활용한 비와 비율을 학습한 실험집단이 그렇지 않은 비교집단보다 비와 비율의 개념 이해도와 수학수업에 대한 관심 등 정의적 영역이 높아졌음을 보였다. 이상경(2019) 역시 엔트리를 활용하여 수학 영재교육도형 영역 프로그램을 진행하여 작도 과제에서 프로그래밍의 효과성을 확인할 수 있었다. 강하람, 임채령, 조한혁(2021)은 수학교과와 정보교과를 융합하는 코딩 수학 교육과정과 이를 위한 최소 코딩게임 기반 교육 방법을 개발하고 초등학교 6학년과 중학교 1학년을 대상으로 적용한 결과 최소 코딩게임 기반의 교수 전략이 자기주도적 학습 및 컴퓨팅 사고력을 증진하였음을 확인하였다.

국내에서 코딩을 활용한 수학 수업에 대한 연구는 주로 중학생과 초등학생을 대상으로 수행되었고 예비교사를 대상으로 수학과 연계한 코딩 활용을 살펴본 연구는 찾아보기 힘들다. 국외 연구로 Gleasman & Kim(2020)은 예비교사들로 하여금 블록 기반 프로그래밍인 스크래치를 이용하여 초등 수학을 지도하는 수업을 설계하도록 하고 초등수학 교수 도구로서 프로그래밍을 어떻게 인식하는지를 조사하였다. 이 과정에서 sequences, loops, events, parallelism, conditionals, operators, data로 구성된 Brennan & Resnick(2012)의 컴퓨팅 사고 개념을 소개하고 예비교사로 하여금 지도하고자 하는 초등수학 개념과 컴퓨팅 사고 요소들이 어떻게 연결되는지를 분석하도록 하였다. 실험에 참가한 10명의 예비교사 모두 초등 수학수업 설계와 컴퓨

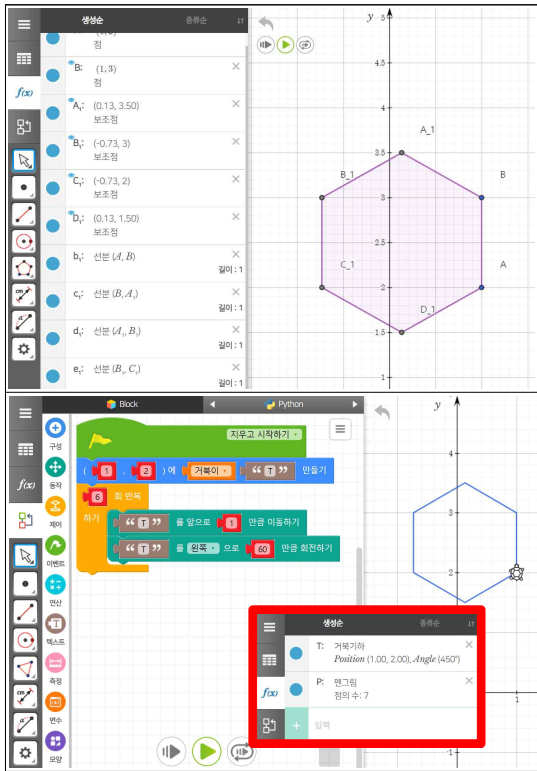
팅 사고 연계성 분석 경험을 바탕으로 블록 기반 코딩을 사용하여 초등수학을 가르치는 것이 가능하고 효과적이라고 답변하였다.

한편, 교육부는 2015 개정 교육과정에서 강조하는 학생 중심의 탐구형 수학 수업 활성화를 위한 공학의 활용을 현장에 안착시키고자 알지오매스(AlgeoMath) 프로그램을 개발하였다. 2018년 11월부터 운영을 시작한 이래로 현재 학교 수학수업에서 활용도가 높아지고 있다. 알지오매스는 미래인재 양성을 위한 역량 중심으로 수학교육에 변화가 필요하여 수학 수업에서 생각하는 힘을 키우고 재미있는 수학교육을 실현하고 직관적 이해와 탐구 중심 수학교육을 위한 공학 도구로 활용할 수 있도록 설계되어 있어, 학습자들이 수학적 개념과 원리를 보다 직관적으로 이해할 수 있도록 돕는다(정승원, 2019).

알지오매스 메인 화면(<https://www.algeomath.kr>)에 접속하면, 알지오 2D와 알지오 3D 그리고 알지오문서가 있다. 본 연구에서는 알지오 2D의 활용에 중점을 두고 있으므로 알지오 2D의 기본 기능을 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 우선 알지오 2D에 입장하면 평면도형을 대수, 기하, 스프레드시트, 블록 코딩의 방식으로 수학적 개체를 각각 또는 통합하여 구성 및 탐구할 수 있는 창과 도구들이 있다. 알지오 2D의 두드러진 특징인 블록 코딩 기능은 툴박스의 블록을 작업공간에 끌어다 놓아 퍼즐을 맞추며 코딩을 익힐 수 있게 하는 기능으로, 텍스트 기반 프로그래밍에 비해 초등학생이 접근하기에 용이하다고 할 수 있다. 블록 코딩은 개체 생성과 동작, 제어, 이벤트, 연산, 텍스트, 측정, 변수, 모양, 함수 모음을 제공하고 각각의 모음에는 다양한 세부 기능을 수행할 수 있는 도구들이 포함되어 있다. 따라서 블록 코딩은 컴퓨팅 사고력을 요구하며 동시에 이를 증진시킬 수 있는 코딩을 경험할 수 있게 한다.

예를 들어 [그림 1]의 (상)은 대수-기하 기능을 이용하여 기하창에 정육각형을 그린 것이다. 이 경우 정육각형의 변의 수 6만 입력하면 그려진다. 이에 반해 블록 코딩창에서 정육각형을 그린 [그림 1]의 (하)는 정육각형이 6개의 변을 가지고 있으며 한 외각의 크기를 알고 있어야 구성이 가능하다. 기하창에 정육각형을 구성한 경우와 블록 코딩을 이용하여 정육각형을 구성한 경우의 정육각형의 이해가 동일하다고 볼 수는 없을 것이다.

그런데 수학교육 분야에서 공학 도구 알지오매스를 활용한 연구(곽소정, 권지은, 2021; 박래성, 권종겸, 이동엽, 2019; 주민정, 2021)는 소수에 불과하다. 특히 알지오매스 블록 코딩과 관련해서는 중학교 자유학기제의 주제 선택 활동을 위한 자료 개발을 목표로 진행한 주민정(2021)의 연구가 있을 뿐, 예비교사들의 디지털 역량에 초점을 맞추어 알지오매스 블록 코딩을 활용하여 수학 자료 개발을 진행한 연구는 찾아보기 어렵다. 이에 본 연구는 원주율 개념 학습을 위한 교수학습자료의 개발 방향을 공학 도구 알지오매스에서 제공하는 블록 기반 코딩을 활용하는 것으로 설정하였다.

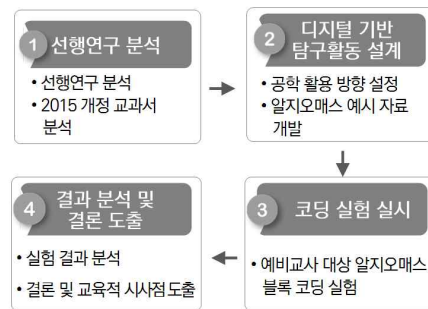


[그림 1] (상) 대수-기하 기능을 이용한 정육각형 작도  
(하) 블록 코딩을 이용한 정육각형 작도

### III. 연구방법 및 절차

#### 1. 연구 절차

본 연구는 디지털 기반 원주율 교수학습자료를 개발하는 과정을 분석하여 예비교사들의 디지털 역량과 원주율에 대한 내용 지식을 살펴보는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 선행연구 분석을 바탕으로 자료 개발 방향을 설정하고, 원주율 개념의 탐구활동을 위한 디지털 기반 예시 자료를 개발하여 코딩 실험을 실시하였다. 본 연구는 [그림 2]와 같이 4단계로 진행하였다.



[그림 2] 연구 절차

1단계에서는 탐구활동의 내용 설계를 위한 이론적 기초 작업으로 원주율 개념과 그 지도를 다룬 선행연구와 공학 도구의 교육적 활용에 대한 선행연구를 살펴보고 분석의 틀을 설정하였다. 2단계에서는 개발 방향을 설정하기 위해 탐구활동 자료 개발에 최적화된 공학 도구로 블록 코딩이 가능한 알지오매스(AlgeoMath)를 선정하였다. 이후 선행연구 분석을 통해 도출한 원주율 지도의 교수학적 시사점을 반영하여 디지털 기반 탐구활동을 단계적으로 조직화하고 알지오매스 탐구 자료를 예시 자료로 개발하였다. 개발된 예시 자료에 대해 수학교육 전문가 1인과 컴퓨터공학 프로그래밍 전문가 1인의 자문 과정을 거쳤으며, 결과적으로 블록 코딩이 오류가 없다는 것과 예시 자료가 원주율 개념 학습의 목적에 맞게 논리적으로 구성되었음을 검증받았다. 3단계는 실험 대상을 선정하고 예비교사들이 알지오매스를 활용하여 직접 탐구활동 자료를 개발하는 실험을 실시하였다. 4단계에서는 3단계의 개발 과정을 원주율 지도에 필요한 내용 지식과 디지털 활용 능력의 관점에서 분석하여 결론과 시사점을 도출하였다.

## 2. 적용 대상

본 연구에서는 연구진에 의해 개발된 예시 자료를 기준으로 예비교사로 하여금 알지오매스를 활용하여 직접 탐구활동 자료를 개발하도록 하는 코딩 실험을 실시하였다. 이 실험의 목적은 예비교사들의 코딩 과정을 분석하여 예비교사들의 원주율 개념 지도 관련 내용 지식과 디지털 자료 개발 역량을 확인하는 것이다. 이에 따라 자료를 개발하는 과정에서 예비교사들의 반응을 알아보고자, 연구자 중 한 명에게 ‘초등수학교재연구및지도법’ 강의를 수강 중인 초등 예비교사를 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 대상자는 수업 시간에 알지오매스의 기본 기능을 학습한 후 교수자로서 연구자가 제시한 과제를 가장 먼저 완성한 예비교사 A와 최초의 블록 코드를 사용하여 완성했던 예비교사 B이다. 이들은 개발 자료를 연구에 활용하는 것과 실험에 참여하는 것에 동의하였다.

예비교사 A는 이전 학교급에서 사교육으로 코딩을 배운 경험이 있으며, 교육대학에서의 심화 전공이 컴퓨터교육인 관계로 프로그래밍에 대한 지식이 비교적 풍부한 편이었으며 블록 기반 코딩플랫폼으로 잘 알려져 있는 스크래치, 엔트리, 앱인벤터 등의 학습 경험을 가지고 있었다. 반면에 예비교사 B는 비컴퓨터교육과 학생으로, 이전 학교급의 정보 교육과정과 교육대학의 교양 교과목에서 블록 기반 프로그래밍 언어인 엔트리와 텍스트 기반 언어인 파이선에 대한 학습 경험을 짧게 가지고 있었으나, 본인의 코딩 지식과 능력에 대해서는 낮은 효능감을 가지고 있었다. 이들은 모두 실험에 참여하기 전까지 수학 탐구용 소프트웨어인 알지오매스에 대한 사전 지식이나 학습경험은 전혀 없었다.

## 3. 자료수집 및 분석

본 연구의 3단계에서 예비교사를 대상으로 한 실험은 수업시간에 학습했던 원주율 관련 내용에 기초하여 원주율 지도를 위한 탐구활동 자료를 개발하는 것이다. 예비교사 A는 코딩에 대한 자신감과 비교적 풍부한 경험을 가지고 있었기 때문에 개발 과정에 연구자는 개입하지 않았고 예비교사 A 자신이 자유롭게 개발하도록 한 후 연구자가 준비한 예시자료를 부분적으로 공유하며 단계별 코딩 과제를 부여하였다. 예비교사 A

와의 실험은 대면으로 2회 이루어졌고 첫 번째는 30분, 두 번째는 120분의 시간이 소요되었다. 예비교사 A와의 실험에서 개발된 자료는 연구자가 로그인한 강의실 컴퓨터를 이용하여 단계별로 저장하였다. 코딩에 자신감이 없었던 예비교사 B와의 실험은 연구자의 진행으로 실시간 화상회의 플랫폼인 줌(ZOOM)을 이용하여 온라인으로 120분 동안 진행하였다. 코딩 실험이 이루어진 줌 회의실에는 연구자 2인과 예비교사 B가 입실하였으며, 연구자 중 1인은 예비교사와의 상호작용을 통해 실험을 진행하는 진행자 역할을 하였고, 나머지 1인은 실험과정에는 일체의 개입 없이 진행자와 예비교사의 활동을 관찰하여 기록하는 역할을 수행하였다. 연구 진행자가 줌의 화면 공유 기능을 이용하여 예시 자료를 부분적으로 공유하며 예비교사에게 단계별 코딩 과제를 부여하였고, 예비교사는 본인이 코딩하는 과정 전체를 화면 공유 기능을 통하여 연구자들에게 공유하였다. 코딩 과정에 대한 동영상 자료, 코딩과 알지오매스에 대한 경험과 인식 정도, 원주율 개념의 이해도를 파악한 사전 면담 자료, 연구자에 의해 작성된 코딩 실험 관찰록, 코딩 활동의 소감과 원주율 개념의 이해도를 질문한 사후 면담 내용을 자료로 수집하였다.

연구자들은 예비교사들의 반응을 귀납적으로 분석하고 심층적인 서술을 함으로써 그 의미를 해석하는 질적 사례 연구를 수행하였다(Denzin & Lincoln, 1994). 이에 따라 수집한 자료는 디지털 역량의 관점과 원주율 개념에 대한 예비교사들의 내용 지식 관점에서 핵심 아이디어를 확인하는 방법으로 분석한다. 디지털 역량은 Brennan과 Resnick(2012)의 컴퓨팅 사고 개념을 활용하되, 본 연구가 개발하고자 하는 원주율 개념 탐구활동 자료를 디지털로 구현하는 과정에서 필수적으로 요구되는 하위 코딩 능력에 해당하는 요소만을 선택하였다. 결과적으로 하위 코딩 능력은 블록을 끌어와 코드로 구성하여 배열(sequences)하는 능력, 동일한 동작을 반복(loops)하게 하는 능력, 곱셈이나 나눗셈과 같은 연산자(operators)를 사용하는 능력, 두 개체가 동시에 동작하는 것을 구현하는 병행화(parallelism) 능력, 변수를 활용하여 자료를 표현하고 관리하는 자료 처리(data) 능력으로 구분하여 코딩 과정과 결과물을 확인한다. 내용 지식은 최은아(2018)의 원주율 개념의 다양한 속성, 즉 비율, 측도, 몫, 상수성, 무한성의 핵심 표현이 코딩에 반영되었는지와 면담 자

료와 관찰록에 드러났는지를 확인하는 방식으로 분석한다.

예비교사의 코딩 과정에 대한 연구자 해석의 타당도를 높이기 위하여 두 명의 연구자가 공동으로 분석하였으며, 해석이 다른 경우에는 합의된 의견에 도달할 때까지 논의를 지속적으로 진행하였다. 이 과정에서 연구자 간 이견이 있었던 사례에 대해서는 제3의 수학교육연구자 1인에게 그 결과에 대한 의견을 구하는 동료 점검 방식으로 보완하였다.

#### 4. 예시 자료 개발

원주율 지도를 위한 디지털 기반 탐구활동은 수학 탐구용 소프트웨어인 알지오메스(AlgeoMath)를 활용하여 설계하였다. 알지오메스를 선택한 이유는 탑재된 블록 코딩 기능을 활용하여 학생들에게 코딩의 장벽을 낮춤으로써 컴퓨팅 사고를 경험하게 하고 다양한 문제를 해결할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문이다.

알지오메스 환경에서 원주율 지도를 위한 디지털 기반 교수학습자료는 다양한 탐구활동을 포함할 수 있다. II장 1절에서 살펴본 원주율 개념과 지도에 대한 선행연구의 시사점과 2015 개정 검정 교과서의 분석 내용을 토대로 원주율 개념학습을 위한 탐구활동을 ‘어렵하기, 측정하기, 규칙찾기, 이해하기, 적용하기’로 구성하였다. 원주율의 다양한 속성에 따른 탐구활동의 개요는 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] 원주율 탐구활동 개요

탐구활동	활동 목표	원주율 속성
어렵하기	정다각형을 이용하여 원주의 길이를 어렵할 수 있다.	어림값
측정하기	원주는 지름의 약 3배임을 알 수 있다.	측도
규칙찾기	모든 원에서 (원주)÷(지름)은 일정한 값을 알 수 있다.	뒹, 상수성
이해하기	원주율을 소수로 나타내면 끝없이 계속됨을 이해하고, 원주율의 근삿값을 사용할 수 있다.	무한성, 근삿값
적용하기	원주를 구하는 방법을 이해하고, 이를 구할 수 있다.	비율

실험에서 예비교사들이 이러한 주제와 관련된 교수

학습자료를 개발한다면 각각에 포함된 원주율의 속성을 이해하고 있다고 할 수 있다. 예비교사들이 자유롭게 자신의 아이디어로 개발하는 과정이 끝나면 [표 1]을 부분적으로 공유하면서 자료 개발을 지원한다.

한편 본 연구에서는 예비교사들이 자료 개발에 어려움을 느끼는 단계에서 제공될 수 있는 예시 자료를 개발하였다. 이 자료는 예비교사들이 원주율 지도를 위한 교수학습자료를 개발하는 과정에서 필요한 기능과 개념을 암묵적으로 담고 있다. 예시 자료의 일부인 [그림 3]은 원주율의 측도 속성을 탐구할 수 있는 자료로 개발되었다. 이 자료는 원주율의 속성과 관련하여 측정하기(측도), 이해하기(무한성, 근삿값) 탐구활동을 제공한다.



[그림 3] 예시 자료의 일부

알지오메스의 각 블록 도구상자는 고유의 색으로 표현되므로 사용된 블록의 범주를 파악하기가 쉽다. [그림 3]에서 사용된 블록 코딩 도구를 위에서부터 순차적으로 살펴보면, 맨 위의 시작 이벤트 블록(연두색)과 구성 블록(파란색), 모양 블록(보라색), 동작 블록(청록색), 제어 블록(주황색), 연산 블록(하늘색)이다. 이상의 블록을 선택, 배열, 입력하여 [그림 3]의 위 그림에서는 순서에 따라 원과 거북이, 알벗 개체를 구성



하고 동작하도록 코드를 배열(sequences)하고 있으며, 거북이 T와 알봇 M이 동시에 구성되고 동시에 동작 되는 것처럼 보이도록 설계하기 위해 병행화(parallelism)를 의도한 코딩을 보여준다. [그림 3]의 아래 그림에서는 동일한 동작을 반복(loops)하게 하고 있으며(3회 반복, 1000회 반복), 연산자(operators) 블록을 사용하여 회전각을 입력값(360÷3141)에 따라 동작하도록 코딩하고 있다.

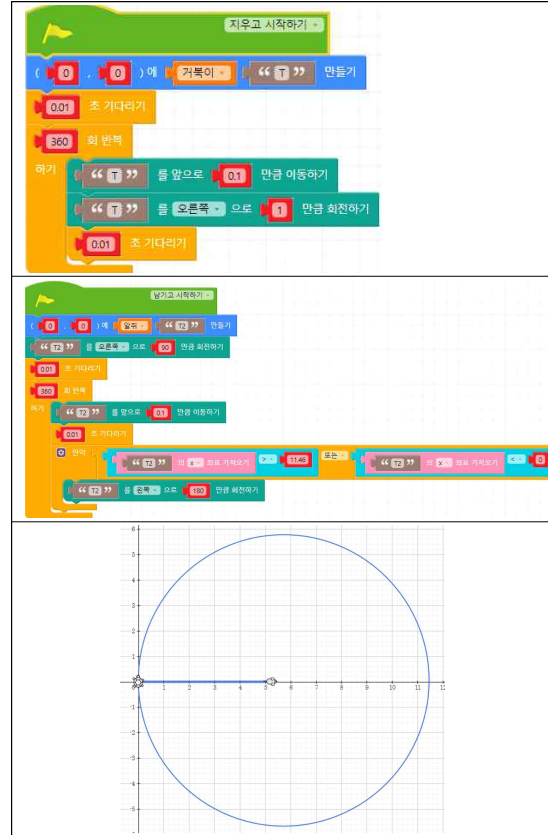
력 등 연산자(operators)를 사용할 수 있는 능력의 발현을 확인할 수 있다.

#### IV. 연구 결과

##### 1. 예비교사 A의 개발 사례

가. 1차 자료 개발 과정의 디지털 역량의 발현  
 예비교사 A에게 수업 시간에 학습했던 원주율 관련 내용에 기초하여 원주율 지도를 위한 디지털 기반 탐구활동 자료를 개발해 보도록 하였다. 예비교사 A는 알지오메스의 블록 코딩 도구를 포함하여 최소한의 기본 기능만을 학습한 상태였지만, 코딩 자체에 대한 지식과 경험을 가지고 있던 상태였기 때문에 자신의 아이디어를 비교적 순조롭게 구현하는 모습을 보였다.

예비교사 A가 1차로 개발한 자료는 ‘원주의 길이가 지름의 3배보다 길다’의 아이디어를 구현하는 자료이다. 자료에 포함된 원의 구성 원리는 [그림 4]의 마지막 그림과 같이 360각형을 그려서 원처럼 보이도록 하는 것이다. 이 아이디어는 아르키메데스가 원주율을 탐구했던 것과 유사하며 디지털 기반이라는 점에서만 차이가 있다고 할 수 있다. [그림 4]에서 예비교사 A가 사용한 블록 코딩 도구는 구성 블록과 동작 블록, 제어 블록, 연산 블록, 측정 블록, 텍스트 블록으로, 알지오메스가 제공하는 다양한 블록의 범주를 비교적 자유롭게 사용하고 있다. 코딩에 따른 결과는 거북이 T가 앞으로 0.1씩 직진하고 1도씩 회전하는 동작을 360번 반복하여 원을 그리는 것으로 나타난다. 이후 알봇 T2가 0.1 이동하기를 360번 반복하되 조건(T2의 좌표가 11.46보다 크거나 0보다 작으면 180도 회전)을 따르며 지름 위를 이동한다. 이 과정에서 예비교사 A의 디지털 역량과 관련하여 거북이와 알봇 개체가 동작하도록 순차적으로 코드를 구성하여 배열(sequences)하는 능력과 같은 동작을 반복(loops)하는 능력, 회전각 입

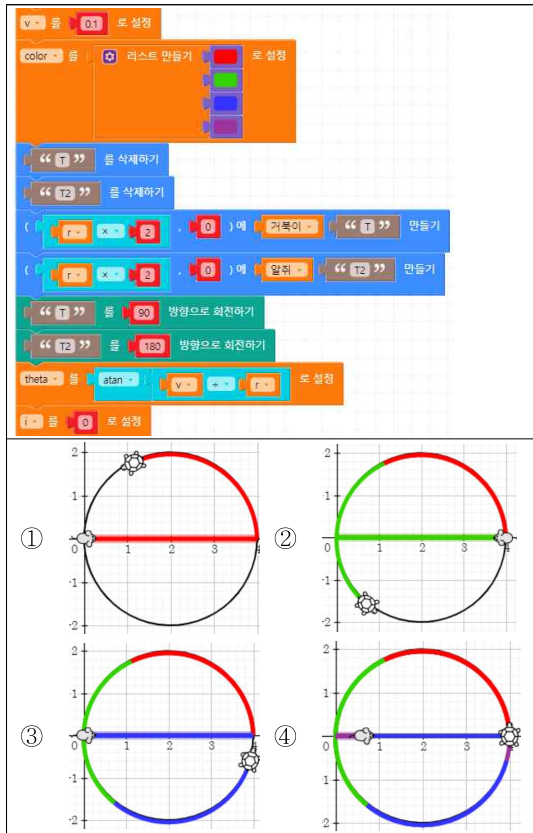


[그림 4] 예비교사 A의 1차 개발 자료

나. 자료 수정 과정에서의 디지털 역량의 확장  
 연구자는 예비교사 A에게 1차 개발 자료에 추가하여 학생들에게 지름을 단위로 원주를 측정하는 탐구활동을 제공할 수 있도록 ‘원의 둘레를 지름을 이용하여 측정하는 과정이 강조된 자료’로 개발해 줄 것을 요청하였다. 이에 대해 예비교사 A는 ‘측정하는 과정을 강조한 시각화’를 위해서는 거북이 T와 알봇 T2가 동시에 같은 속도로 이동하도록 코딩해야 하는데 알지오메스 블록 코딩에서는 그 기능이 없어서 활용하지 못했다고 설명하면서 다른 방법을 찾아야 하므로 추가 시간이 필요하다고 말하였다. 이와 같은 설명은 예비교사 A가 두 개체를 동시에 구성하고 동시에 동작하도록

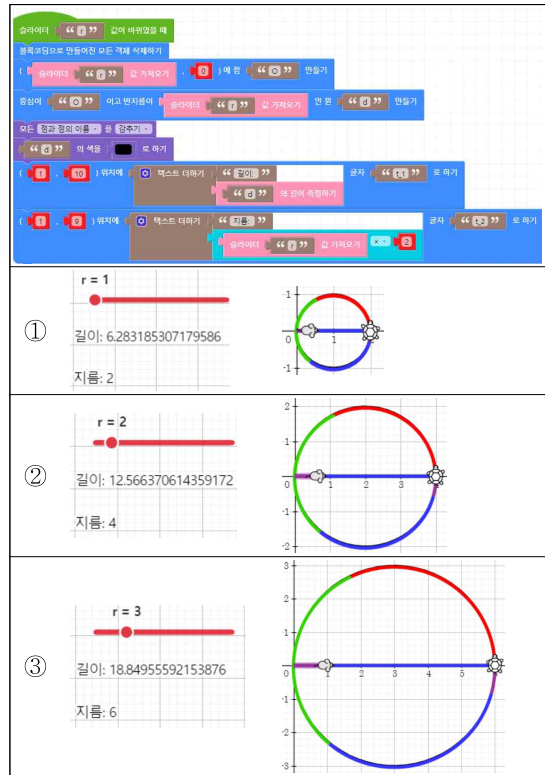
록 하는 병행화(parallelism) 개념을 인식하고 있다는 것을 의미한다. 이후 연구자는 예비교사 A가 추가 자료를 개발하는데 필요한 아이디어를 제공할 목적으로 미리 개발한 바 있는 예시 자료([그림 3] 참조)를 코딩과 동작을 확인하는 간단한 수준에서 공유하였다.

는 지름 단위의 0.14만큼 이동하는 것을 보여준다. 이 자료를 통해 원주율이 원주를 지름을 단위로 측정할 값이라는 것을 경험할 수 있으며, 측도 속성 또한 탐구할 수 있다.



[그림 5] ‘측정하기’ 부분의 일부

이후 예비교사 A는 기존의 코딩을 수정하고 기하장에서 확인하는 과정을 수차례 반복하는 과정을 거치면서, 거북이 캐릭터와 알쥐 캐릭터가 원주와 지름을 같은 속도로 이동하는 것을 시각화하는 자료를 구현하였다. [그림 5]은 예비교사 A의 최종 자료에서 ‘원의 둘레는 지름의 길이보다 3배하고 조금 더 길다’는 측정의 경험을 제공하기 위한 코딩의 일부(상)와 펜그림(하)을 3단계로 캡처한 것이다. [그림 5]의 ①은 지름 단위 1개, ②는 지름 단위 2개, ③은 지름 단위 3개, ④



[그림 6] ‘이해하기’ 부분의 일부

최종적으로 예비교사 A는 하나의 자료에서 원주율의 여러 가지 속성을 동시에 탐구할 수 있는 자료를 개발하였다. [그림 6]은 ‘원의 크기가 달라져도 원주와 지름의 비는 항상 일정하다’는 상수 속성을 탐구할 수 있음을 확인할 수 있도록 자료를 3단계로 캡처한 것이다. [그림 6]의 ①, ②, ③은 슬라이드바를 이용하여 지름의 길이를 조절하면 그에 따라 원의 반지름이 변화하도록 설계하였고, 슬라이드바 아래에 원주의 길이와 지름의 길이가 측정값으로 표시되도록 하였다. 이 자료는 다양한 모양의 원에 대한 원주와 지름 사이의 관계를 탐구할 수 있도록 하며 원주율의 뜻과 상수 속성을 발견할 수 있도록 돕는다. 예비교사 A는 [그림 5]

와 [그림 6]에서 확인할 수 있듯이 지름을 단위로 펜 그림 색깔에 변화를 주는 꾸미기 코드를 활용하여 학생들의 이해를 도울 수 있는 자료를 개발하였다.

이상에서 예비교사 A의 디지털 역량이 1차 자료 개발 과정에서 발현된 능력을 포함하여 두 개체의 병행화(parallelism) 능력으로 확장되었음을 확인할 수 있다. 실제로 1차 개발자료에서 원주와 지름 위를 움직이는 거북이와 알쥐 개체가 동작하도록 순차적으로 코드를 구성하여 배열하고, 같은 동작을 반복하는 코드를 사용하였으며, 지름과 원주의 길이를 측정하는 연산자를 사용할 수 있었다. 더불어 최종 자료에서 거북이와 알쥐 두 개체가 동시에 동작하는 것처럼 보이도록 코드를 배열함으로써 병행화 능력을 보여주고 있다. 실제로 예비교사 A의 최종 개발자료는 코딩 전문가에 의해 논리적인 타당성을 인정받았으며, 상당히 우수한 디지털 자료라는 평가를 받았다.

다. 원주율 내용 지식의 심화

예비교사 A는 자료 개발 과정을 통해 원주율 개념에 대한 이해를 점차 심화해나가는 모습을 보여주었다. 예를 들어, [그림 5]의 ①, ②, ③, ④는 측정활동을 시각화하여 원주율의 측도 속성을 드러냈고 약 3배라는 원주율의 비율 속성을 담고 있다. 또한 [그림 6]은 원주율의 몫 속성과 상수 속성을 탐구할 수 있도록 설계하였다. 사진 질문을 통해 확인한 예비교사 A의 원주율에 대한 이해는 '(원주)÷(지름)' 정도에 머물러 있었다. 그런데 디지털 자료를 개발하고 수정하는 미션을 수행하기 위해 예비교사 A는 원주율의 측도, 비율, 몫, 상수성과 같은 여러 가지 속성을 의식화하는 경험을 하였으며, 결과적으로 원주율을 지도하는데 필요한 내용 지식을 강화할 수 있었다고 볼 수 있다. 또한 원주율의 여러 가지 속성에 대한 심화된 내용 지식은 디지털 자료를 성공적으로 개발하는데 필요한 기초 요인으로 작용하였다고 할 수 있다.

그런데 예비교사 A가 개발한 자료의 블록 코딩을 해석하고 활용할 대상이 초등교사뿐 아니라 초등학생임을 감안한다면 자료 활용에 있어서 한 가지 제한점이 대두된다. 예비교사 A가 사용한 코딩에는 [그림 5]에서 볼 수 있듯이 초등학교 교육과정 수준을 넘어서는 함수(arctangent 등)와 수학 기호(theta 등)가 포함되어 있다. 블록 코딩의 장점은 코딩에 대한 사전 지

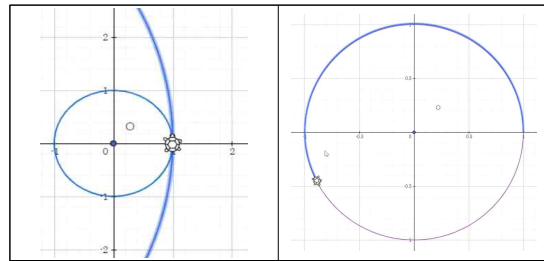
식이 없는 초보자들도 이해하기 쉽다는 점이므로 가능한 하면 초등학교 수준에서 다루지 않는 함수와 기호의 사용은 지양하는 것이 바람직할 것이다. 이러한 사례는 자료 활용 대상의 이해와 접근을 용이하게 하는 차원에서 디지털 교수학습자료 개발에 필요한 지식으로 수학 내용 지식뿐 아니라 교육과정에 대한 지식을 추가적으로 강조할 필요가 있음을 시사한다.

2. 예비교사 B의 개발 사례

가. 시행착오를 통한 디지털 역량의 강화

코딩에 대한 지식과 자신감이 낮은 상태에서 출발한 예비교사 B는 자신의 아이디어를 디지털 자료로 구현하는 과정에서 예비교사 A와 비교하여 훨씬 많은 시행착오를 겪었다. 실험 초기에는 다소 소극적인 모습을 보였던 예비교사 B는 블록 코딩 편집창에 블록을 배열하고 그 결과를 바로 기하창에 시뮬레이션하여 확인하는 과정을 반복하면서 점차 코딩에 적응하는 모습과 적극적으로 참여하는 태도를 보였다. 예비교사 B가 수차례의 시행착오를 겪고 발생한 오류들을 스스로 수정해나가는 과정에서 디지털 자료 개발에 필요한 하위 능력들이 점차 정교화되고 있음을 확인할 수 있었다.

예비교사 B가 겪은 시행착오는 주로 동작 블록의 코드를 사용하는 과정에서 발생하였다. 그 중의 하나는 원주를 따라 이동하는 거북이의 동작을 설정하는 상황이었다.

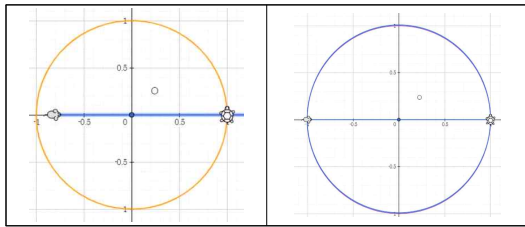


[그림 7] (좌) 거북이 경로 오류, (우) 수정된 경로

처음에 예비교사 B는 직진 0.1과 회전 1도를 360번 반복하는 것으로 설정하였는데 그 결과는 [그림 7]의 (좌)와 같이 원주를 벗어나는 경로로 나타났다. 예비교사 B는 오류가 있는 시뮬레이션 결과를 확인한 후 앞으로 이동하기 코드에 원주를 360등분한 6.28/360으로

수정하였다. 결과적으로 [그림 7]의 (우)와 같은 원과 일치된 펜그림을 얻을 수 있었다.

다음 단계의 시행착오는 지름 위를 이동하는 알쥐의 이동 범위를 설정하는 상황에서 발생했다. 처음에는 반복 횟수를 2000/6과 10으로 정하였는데 [그림 8]과 같이 알쥐가 움직인 거리가 지름과 일치하지 않았다. 예비교사 B는 계산기를 사용하여 이 오류를 수정하면서 “지름이 2니까 6.28/360만큼 이동하는 것을 약 114.6496회 반복하는데 반복 횟수는 정수로 입력해야 해서 115를 입력하면 될 것 같아요.” 라고 설명하였다. 여기서 반복 횟수에 근사값인 정수를 입력한다는 설명은 원주가 지름의 정수배가 아니기 때문에 근사값인 정수를 입력해야 한다는 것과 이로 인해 발생하는 오차는 디지털 기기가 갖는 한계라는 것과 연결된다.



[그림 8] (좌) 알쥐 경로 오류, (우) 수정된 경로

예비교사 B가 시행착오를 겪고 수정하면서 개발한 [그림 7]과 [그림 8]의 자료는 아무리 시행 횟수를 늘리더라도 원주 위를 회전하는 거북이와 지름 위를 왕복하는 알쥐가 절대 만나지 않는다는 것을 시각적으로 보여준다. 여기에는 원주율의 측도 속성과 무한 속성이 담겨져 있으며, 개발 아이디어는 원에 내접하는 정다각형의 변의 수를 늘리는 방식으로 앞서 예비교사 A가 적용한 원리와 같다. 특히, 예비교사 B의 개발 자료는 예비교사 A가 개발한 자료와 비교했을 때 보다 단순하고 효율적인 코딩을 적용한 자료라고 평가할 수 있다. 초등학교 수준에서 충분히 이해 가능한 코드로 구성함으로써 코딩에 대한 사전 지식이 없는 초보자들도 이해하기 쉽다는 블록 코딩의 장점을 잘 활용하고 있다.

이상에서 예비교사 B의 디지털 역량은 개발 과정 초기에는 불투명했던 하위 능력들이 의미 있는 시행착오 과정을 경험함으로써 상당한 수준으로 정교화되어

발현되었다고 할 수 있다. 거북이가 정해진 원주 경로를 움직일 수 있도록 순차적으로 코드를 구성하여 배열하는 능력을 보여주었으며, 거북이와 알쥐가 동일한 동작을 반복하도록 코딩할 수 있는 능력의 발현을 확인할 수도 있다.

예비교사 B의 또 다른 시행착오는 원을 이동하는 거북이와 지름을 이동하는 알쥐가 동시에 이동하는 것을 구현하는 상황이었다. 처음에 예비교사 B는 [그림 9]의 위 그림과 같이 거북이 T와 알쥐 M이 동시에 움직이도록 ‘1’ 키를 눌렀을 때 발생하는 이벤트를 설계하였다. 그러나 이 이벤트는 기대와 달리 작동하지 않았으며, 예비교사 B는 두 캐릭터가 동시에 이동하는 것을 구현하는 것에 대한 어려움을 토로하였다.



[그림 9] 작동하지 않은 이벤트 코딩

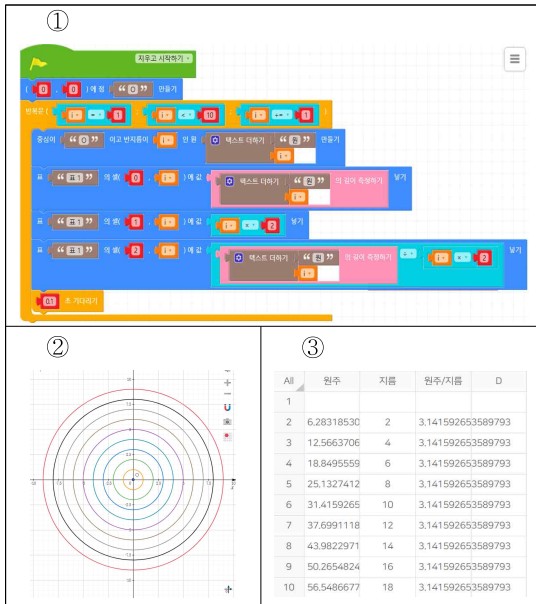
이에 연구자는 디지털 환경에서 동시 동작의 구현은 순서대로 진행되는 절차가 마치 동시에 수행되는 것처럼 보이는 착시 현상을 이용함으로써 가능하다고 설명하였다. 결과적으로 처음에 알지오메스 환경의 제약으로 동시 동작을 구현하지는 못했지만, 두 개체의 동시 동작을 고려하여 논리적으로 오류없이 이벤트 이용한 코딩을 하였다라는 점에서 병행화 능력이 발현되었다고 평가할 수 있다. 또한 자료를 완성하면서 디지털 역량이 강화되었다고 판단할 수 있다.

예비교사 B의 최종 개발 과제는 원주율의 상수 속성을 지도할 수 있는 탐구활동 자료이다. 원의 크기가 다양하게 변하여도 원주율의 값이 항상 일정하다는 것을 디지털 자료로 어떻게 구현할 것인지에 대한 질문에 예비교사 B가 제시한 아이디어는 다양한 크기의 원에서 (원주)÷(지름)의 값이 변하지 않는다는 것을 보이는 것이었다. [그림 10]의 ①은 예비교사 B가 개발한 개발한 자료의 블록 코딩이고 ②는 블록 코딩에 의한 시뮬레이션 결과이다. 여러 개의 동심원들이 하나씩



그려질 때마다 원주와 지름의 길이가 통계창에 데이터로 보내진다. ③은 통계창의 각 셀에 입력된 원주를 지름으로 나누어 그 값을 보여준다. 이 자료를 통해 (원주)÷(지름의 값이 변함없이 3.141592...으로 동일함을 확인할 수 있게 된다.

[그림 10]의 자료 개발 과정에서 두드러지게 확인되는 디지털 역량은 자료 표현 능력이다. ①에 제시된 블록 코딩에서 원주와 지름의 길이, 그 몫의 결과값을 표로 표현하는 블록 코드를 확인할 수 있다. 특히, 변수  $i$ 를 1 이상 10 이하의 범위에서 1씩 증가하는 것으로 설정하여 지름을 ' $i \times 2$ ', 원주율을 '원주의 길이 측정하기 값 ÷ ( $i \times 2$ )'로 코딩한 부분은 변수를 활용하여 자료를 생성하고 관리하는 자료 표현 능력으로 해석할 수 있다. 또한 간단한 형태이기는 하지만 곱셈과 나눗셈 연산자 코드를 활용하는 능력도 확인 가능하다.



[그림 10] 원주율의 상수 속성 탐구 자료

이상의 자료 개발과 수정 과정에서 확인한 예비교사 B의 디지털 역량은 거북이와 알쥐 두 개체가 동작하도록 순차적으로 코드를 구성하여 배열하는 능력과 같은 동작을 반복하게 하는 능력, 지름과 원주율을 측정하는 연산자를 사용하는 능력, 변수를 사용하여 자

료를 표현하는 능력이다. 또한 두 개체가 동시에 동작하는 것처럼 시각화할 수 있는 병행화도 인식하고 있었다. 코딩에 대한 지식 수준과 자신감이 낮았던 예비교사 B가 알지오메스의 블록 코딩을 활용하여 디지털 자료를 개발한 사례는 잘 구조화된 코딩 교육 프로그램의 단일 경험을 통해서도 디지털 역량을 강화할 수 있다는 가능성을 보여준다는 측면에서 의미가 있다.

나. 자료 개발 과정에서 심화된 교사 지식

예비교사 B에게 자료 개발 과정은 디지털 교수학습 자료 개발에 필요한 교사 지식을 강화하는 기회가 되었다고 할 수 있다. 실제로 사후 인터뷰에서 예비교사 B는 “원래 기억하고 있던 원주율 의미보다 훨씬 많은 의미를 알게 되었다”고 하였다. 비록 완벽하게 구현하지는 못했지만 [그림 9]의 자료 개발 과정에서 원주율의 측도 속성과 무한 속성을 이해하고 이를 반영한 디지털 자료를 개발하려고 시도하였으며, 원주가 지름의 정수배로 나타낼 수 없기 때문에 오차를 인정해야 한다고 하면서 근삿값 속성을 언급하기도 하였다. 또한 [그림 10]의 개발 자료에는 원주율의 몫 속성과 상수 속성을 반영하여 구현하였다. 이러한 점에서 예비교사 B는 자료 개발 과정을 통해 원주율에 대한 다양한 속성을 의식하고 원주율 개념을 보다 깊이 있게 이해할 수 있는 기회를 가졌다고 할 수 있다.

한편 디지털 자료 개발 경험은 예비교사 B에게 디지털 개발 환경이 가지는 특징과 한계점에 대해서 생각해보는 계기를 제공하였다. [그림 8]의 자료 개발에서 알쥐가 움직인 거리가 지름과 일치하지 않았을 때, 예비교사 B는 반복 횟수에 근사값인 정수를 입력하는 것으로 수정하였으며 이 과정에서 발생하는 오차는 디지털 기기가 갖는 한계라는 것을 인식할 수 있었다. 특히 원주율은 기본적으로 무리수 속성을 포함해야 하지만 디지털의 특성상 이를 구현하는 온전한 시각화를 구현할 수 없다는 사실을 이해하였으며, 그 대안으로서 근사한 값을 찾고자 노력하는 모습을 보여주었다. 거북이와 알쥐 캐릭터가 동시 동작을 하는 것과 같은 시각화를 착시를 이용하여 구현하는 전략도 디지털 환경의 특징이다. 디지털 환경에서 발생할 수 있는 문제점과 한계점을 인식하는 것 또한 디지털 소양을 함양하고 디지털 자료를 개발하는데 필요한 교사 지식이라고 할 수 있다.

## V. 결론 및 시사점

본 연구는 예비교사들이 디지털 기반 원주율 교수 학습자료를 개발하는 과정에서 예비교사의 디지털 역량과 원주율에 대한 내용 지식이 어떻게 나타나고 강화되는지 살펴봄으로써 예비교사 교육에 주는 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해 두 명의 예비교사에게 알지오메스의 블록 코딩 기능을 활용하여 원주율 지도를 위한 디지털 자료를 개발하도록 하였으며, 자료 개발과 수정 과정에서 발견되는 코딩과 관련된 하위 능력과 원주율의 속성에 대한 이해 등 예비교사가 경험하는 교사 지식에 초점을 맞추어 분석해 보았다. 본 연구에서 얻은 결론과 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 알지오메스의 블록 코딩 활동은 예비교사의 디지털 역량을 발현하고 확장할 수 있는 경험을 제공하는데 유용하다. 원의 둘레를 지름을 이용하여 측정하는 과정이 강조된 자료를 개발하는 과제에서 예비교사들은 원주 위를 움직이는 거북이와 지름 위를 움직이는 알쥐 개체가 적절히 작동하도록 코딩을 하였다. 예비교사 A와 B 모두 순차적으로 코드를 구성하여 배열(sequences)하는 능력과 동일한 동작을 반복(loops)하게 하는 능력, 곱셈이나 나눗셈 연산자(operators)를 사용할 수 있는 능력을 발현하였다. 두 예비교사가 공통적으로 어려움을 호소한 미션은 거북이와 알쥐가 동시에 동작하는 병행화(parallelism)의 구현이었다. 예비교사 A의 경우에는 1차 자료를 수정하는 활동을 통해 두 개체의 병행화 능력으로 확장할 수 있었다. 예비교사 B는 알지오메스 프로그램의 한계로 인하여 이벤트를 이용한 병행화를 완성하지 못했지만, 블록 코딩 자체에는 오류가 없었으므로 병행화 능력이 발현되었다고 평가할 수 있다. 특히, 예비교사 B가 개발한 상수 속성 탐구 자료에서는 변수를 활용하여 자료를 표현하고 관리하는 자료 표현(data) 능력을 확인할 수 있었다.

이상의 디지털 역량의 발현은 알지오메스의 블록 코딩 환경으로 더욱 촉진되었다고 할 수 있다. 예비교사들은 알지오메스의 블록 코딩 도구를 포함하여 최소한의 기본 기능만을 학습한 상태에서 실험에 참여하였다. 그럼에도 텍스트 기반 코딩에 비해 진입 장벽이 낮은 블록 코딩의 수월성으로 인해 예비교사들은 성공

적으로 자료를 개발할 수 있었다. 더욱이 자료를 수정하는 경험을 통하여 하위 능력들의 발현이 촉진되고 다른 능력으로까지 확장할 수 있었다. 블록 코딩 편집창에 블록을 배열하고 그 결과를 바로 기하창에 시뮬레이션하여 확인하는 과정을 반복하면서 예비교사들은 시행착오와 수정 프로세스에 적응하는 모습을 보였으며, 발생한 오류들을 스스로 수정해나가는 모습을 보여주었다. 끊임없는 수정 과정은 디지털 자료 개발에 필요한 하위 능력들을 점차 정교화하여 발현시키는 핵심적인 활동이라고 할 수 있다.

둘째, 원주율 지도를 위한 교수학습자료 개발 과정은 예비교사들의 원주율에 대한 내용 지식을 심화시키는 기회를 제공하였다. 두 명의 예비교사는 사전 질문에서 원주율을 '(원주)÷(지름)'이나 '지름에 대한 원주의 비율' 등 원주율의 몫 속성이나 비율 속성 정도로만 인식하고 있는 상태였다. 그러나 자료개발 과제를 수행함에 따라 예비교사들은 원주율의 여러 가지 속성을 명료하게 인식하고 원주율 지도를 위한 내용 지식을 확장해나가는 모습을 보여주었다. 예비교사 A의 개발 자료에는 원주율의 속성 중 측정하기를 통한 측도, 몫, 상수 속성이 명료하게 드러나게 되었으며, 예비교사 B의 개발 자료는 몫, 상수 속성과 근사값을 포함하고 있다. 비록 알지오메스로 구현하지는 못했지만, 예비교사 B는 개발 과정에서 측도의 아이디어를 상당히 구체적으로 설명하는 모습을 보였다. 이러한 결과는 디지털 기반 자료 개발 경험이 예비교사들의 내용 지식 향상에 긍정적인 영향을 준다고 볼 수 있는 부분이다. 실제로 예비교사 B는 사후 인터뷰에서 원래 기억하고 있었던 것 이상의 원주율의 다양한 의미를 알게 되었다고 하였다. 이는 강향임과 최은아(2015)의 연구에서 원주율에 대한 개념적 이해를 위해 다양한 속성을 다루는 경험을 제공하는 것이 필요하다는 주장과 연결되어 있다. 다만, 예비교사들이 원주율을 지도하기 위한 디지털 자료를 구현함에 있어서 (원주)÷(지름)의 결과값 비교, 즉 몫과 상수 속성에 집중하는 경향이 있다는 것은 향후 예비교사 교육에서 참고해야 할 부분이다.

셋째, 예비교사들은 디지털 교수학습자료 개발 과정에서 발생가능한 문제와 디지털 환경의 한계점을 인식할 수 있었다. 대표적으로 원주율을 탐구할 수 있는 디지털 자료는 원주율이 갖는 무리수의 특성을 포함해

야 하지만 디지털의 특성상 일치하는 시각화를 구현할 수 없다. 예를 들어, 예비교사 B의 경우 정다각형의 변의 수를 늘리는 방법으로 원을 그리면서 원주 위를 이동하는 캐릭터의 펜그림이 원과 100% 일치하지 못하는 것을 확대 기능을 통해 확인하였으며, 좀 더 근사한 값을 찾고자 노력하는 모습을 보여주면서 입력값의 속성을 고려해야 하는 상황을 경험하였다. 또한 두 예비교사 모두 개발 초반에 디지털 환경의 거북이와 알지 캐릭터가 동시 동작을 하는 것과 같은 시각화에 어려움을 토로했다. 이를 해결하려는 노력 속에서 디지털 환경에서는 동시 동작이 불가능하고 단지 빠르게 절차가 수행되어 동시에 동작하는 것과 같은 착시를 주는 시각화만 가능하다는 사실을 인식하게 되었다. 디지털 공간에서의 한계점에 대한 인식은 디지털 활용 역량을 강조하고 있는 현 교육과정에서 교사와 학생의 디지털 소양 측면 모두에서 고려할 필요가 있다.

넷째, 예비교사들의 디지털 역량 강화 프로그램으로 블록 코딩 활동을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 실험에 참여한 두 예비교사의 사전 코딩 경험은 큰 차이가 있었다. 예비교사 A의 경우는 수준 높은 코딩 실력과 상당한 자신감을 가지고 있었으며, 제시한 과제 이상의 자료를 주도적으로 개발하려는 의지를 강하게 나타내었다. 이에 반해 예비교사 B의 경우 코딩에 대한 자신감이 낮은 상태로 실험에 참여하였으나, 개발 과정이 진행됨에 따라 생산적인 시행착오 과정을 통해 주도적으로 개발을 진행하였고 시뮬레이션을 확인하면서 스스로 수정하는 모습을 보였다. 예비교사 B가 알지오메스의 블록 코딩을 활용하여 디지털 자료를 개발한 사례는 잘 구조화된 코딩 교육 프로그램의 단일 경험을 통해서도 디지털 역량을 강화할 수 있다는 가능성을 보여준다고 측면에서 의미가 있다. 이러한 결과는 코딩 교육에 상당한 시간과 노력을 요하는 텍스트 기반 코딩에 대한 대안으로 블록 기반 코딩을 예비교사 교육에서 적절히 활용한다면, 예비교사들의 디지털 소양 및 디지털 활용 역량 강화에 도움을 줄 수 있음을 시사한다.

다섯째, 예비교사 교육에서 디지털 교수학습자료 개발에 필요한 지식으로 교육과정에 대한 이해를 강조할 필요가 있다. 본 연구에서 예비교사들은 알지오메스의 블록 코딩 기능을 활용하여 디지털 기반 자료를 상당히 성공적인 수준으로 개발하였다고 평가할 수 있다.

그럼에도 예비교사 A가 개발한 자료는 대학 수준의 함수 코드를 포함하였기 때문에 탐구활동의 대상인 학생과 탐구활동을 제공하는 교사의 입장에서 그 원리를 이해하기는 쉽지 않을 수 있다. 이러한 결과는 교수학습자료 개발을 위한 교사 지식으로 교육과정 지식이 필수적임을 의미한다. 2022 개정 교육과정의 교수학습 방법에는 공학 도구를 활용하여 추상적인 수학 내용을 시각화하고 수학의 개념, 원리, 법칙에 대한 직관적 이해와 논리적 사고를 도울 것을 제안하고 있다(교육부, 2022). 결국 디지털 자료 개발의 목적이 교수학습과정의 활용에 있다는 측면에서, 블록 코딩에 담아야 하는 수학의 개념과 원리를 제대로 파악하지 못한다면 수학의 직관적 이해와 논리적 사고를 돕는 시각화는 한계가 있을 수밖에 없으며, 블록 코딩의 장점 또한 충분히 향유할 수 없기 때문이다.

본 연구는 예비교사들의 디지털 기반 교수학습자료 개발 활동과 관련된 시사점을 도출하였으며, 디지털 소양 및 디지털 활용 역량 신장을 위해 예비교사 교육에서 고려할 만한 사항을 제안하였다. 본 연구에서 제시된 자료 개발 사례가 향후 원주율 개념 지도를 위한 디지털 기반 교수학습자료 개발에 기초 자료로 활용되기를 바라며, 디지털 기반 교수학습자료의 활용이 학생들의 원주율 개념 학습에 어떠한 영향을 주는지에 대한 후속 연구가 진행되기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

- 강완, 백석윤, 전인호, 이경화, 김연, 이미연 외 15인 (2022). 수학 6-2. 대교출판.
- 강하람, 임채령, 조한혁(2021). 수학교과와 정보교과를 융합하는 코딩수학 교육과정 및 교육방법 연구. 수학교육, 60(4), 467-491.
- 강향임, 최은아(2015). 초등수학 영재교육 대상자의 원주율 개념에 대한 이해. 수학교육논문집, 29(1), 91-110.
- 곽소정, 권지은(2021). 알지오메스를 활용한 수학 체험 공간의 콘텐츠 모델 개발. Journal of Digital Art Engineering & Multimedia Vol. 8(2), 145-152.
- 관계부처합동(2022). 디지털 인재양성 종합방안. 교육부 보도자료(2022.08.22.).

- 교육부(2021). 수학 6-1. 천재교육.
- 교육부(2020). 수학과 교육과정. 교육부 고시 제 2020-236호(별책 8).
- 교육부(2022). 수학과 교육과정. 교육부 공고 제 2022-414호(별책 8).
- 교육부(2015). 제2차 수학교육 종합계획. 교육부 보도 자료(2015.03.16.).
- 교육부(2020). 제3차 수학교육 종합계획.
- 김나리, 서용현, 조한혁(2018). 코딩수학 내용 및 환경 설계-수학화와 컴퓨팅 사고력을 중심으로-. 학습자 중심교과교육연구, 18(4), 647-673.
- 김민혁(2013). 수학교사의 교과서 및 교사용 지도서 활용도 조사. 학교수학, 15(3), 503-531.
- 김성수(2019). 수포자의 수학 학습 포기 경험에 대한 교육과정 사회학적 해석. 경희대학교 대학원 박사 학위논문.
- 김성여, 강인진, 강요한, 고창수, 김보현, 김영준 외 9인(2022). 수학 6-2. 아이스크림.
- 김성원, 이영준(2018). 프로그래밍 기반 수업 설계에 대한 예비교사의 인식 조사. 한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집, 26(1), 117-120.
- 김훈주, 이승진(2022). 수학 흥미 및 성취도 제고를 위한 공학적 도구 활용에 관한 현황분석. 인문사회 21, 13(2), 2231-2246.
- 류희찬, 이은주(2013). GSP의 쌍곡원반모형을 활용한 중학교 수학영재 학생들의 쌍곡평면 테셀레이션 구성과정에 관한 연구. 학교수학, 15(4), 957-973.
- 류희찬, 유현주, 이종영, 조영미, 탁병주, 최인숙 외 20인(2022). 수학 6-2. 금성출판사.
- 박경미, 이환철, 박선화, 권점례, 강은주, 김민정, 외 37인(2015). 2015 개정 수학과 교육과정 시안 개발 연구 II. 한국과학창의재단.
- 박교식, 정영옥, 고정화, 권석일, 남진영, 박진형 외 27인(2022). 수학 6-2. 두산동아.
- 박래성, 권종겸, 이동엽(2019). 중학교 수학 기하 단원에서 공학적 도구 활용이 학생들의 수학 학업 성취도와 수학 학습 태도에 미치는 효과. 디지털융복합연구, 17(12), 67-75.
- 박만구, 강경은, 김대진, 김도경, 김수정, 김은혜 외 8인(2022). 수학 6-2. 천재교육.
- 박성선, 류성림, 김상미, 권성룡, 김남균, 강호진 외 11인(2022). 수학 6-2. YBM.
- 백주열(2019). 엔트리를 활용한 수학 기반의 STEAM 프로그램이 초등학생의 비와 비율 개념 이해에 미치는 영향. 경인교육대학교 교육전문대학원 석사학위 논문.
- 서정환(2012). 스크래치 활용학습이 초등학생의 수학과 학업성취도에 미치는 영향. 공주교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 심광섭, 심성아(2018). 파이썬 코딩을 도입한 수학 교과 지도 방안 개발-2015 개정 교육과정 중학교 수학 교과의 '소인수분해' 내용을 중심으로-. 성신여자대학교 교육문제연구소, 73, 43-64.
- 신대윤(2009). 원주율  $\pi$ 를 3으로 했을 때 수학학습에 미치는 영향. 춘천교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 신향균, 김태환, 조보영, 김리나, 정나영, 최혜령 외 8인(2022). 수학 6-2. 비상교육.
- 안병곤, 나귀수, 김민경, 이광호, 류현아, 최지선 외 14인(2022). 수학 6-2. 두산동아.
- 이도영, 정종인(2018). 중학교 수학 통계 영역과 파이썬(Python) 프로그래밍 융합수업이 문제해결력과 교과 흥미도에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지, 20(4), 336-344.
- 이상경(2019). 엔트리를 활용한 초등수학영재교육 교수-학습 자료 개발 및 적용. 광주교육대학원 교육대학원 석사학위논문.
- 이서빈, 고상숙(2017). 파이썬을 활용한 수학교과 코딩 수업(DM)의 효과. 수학교육학연구, 28(4), 479-499.
- 임훈택, 고은성, 황은지 (2022). 초등 수학 교육과정별 원주율의 지도 내용과 지도 방법 분석: 1차 교육과정에서 2015 개정 교육과정까지. 학습자중심교과교육연구, 22(2), 615-630.
- 장혜원, 서동엽, 김민희, 김선, 김주숙, 김차명 외 8인(2022). 수학 6-2. 미래엔.
- 정동권(1998). 교사를 위한 수학사개론, 인천교육대학교(수학문화사 강좌 자체 교재).
- 정승원(2019). 수학 실험탐구용 소프트웨어 알지오매스(AlgeoMath) 소개 및 수업 적용 사례. 한국수학교육학회 뉴스레터, 35(3), 37-43.
- 조수현, 김구연. (2021). 수학 교사의 교과서 이해 및 활용 의도 탐색. 수학교육, 60(1), 111-131.



- 조혜정(2007). 중학교 학생들의 원주율 이해에 관한 연구. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 주민정(2021). 알지오메스 블록 코딩을 활용한 자유학기제 수학과 주제선택 활동 교수학습 자료 개발. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 최영기, 홍갑주(2008). 원주율의 상수성과 아르키메데스의 계산법, 수학교육, 47(1), 1-10.
- 최은아(2018). 한국, 일본, 싱가포르, 미국 교과서에서 제시된 원주율과 원의 넓이 지도 방안의 비교분석. 한국학교수학회논문집, 21(4), 445-467.
- 한대희, 고은성, 이수진, 조형미, 한상의, 신희영 외 11인(2022). 수학 6-2. 천재교육.
- 한상현(2018). Desmos를 활용한 디지털 수학 활동 자료 개발. 아주대학교 대학원 석사학위논문.
- 한선관, 김수환(2010). EPL을 활용한 수학문제해결 통합교육프로그램의 학년 수준 비교. 정보교육학회 논문지, 14(3), 311-318.
- 허선희(2019). 원주율  $\pi$ 에 대한 교수학적 분석. 서울대학교 석사학위논문.
- 홍진근, 김선희, 신보미, 김연, 박진형, 탁병주, 황지현, 왕효현, 송창근(2020). 2015 개정 수학과 교육과정 현장 실태 분석. 한국과학창의재단 연구보고서.
- Baravalle, H.(1969). *The number  $\pi$* , In J. K. Baumgart (Ed.), *Historical topics for the mathematics classroom*. NCTM.
- Beckmann, P.(2002). 파이의 역사 (박영훈 역), 경문사. (원저 1971년 출판)
- Boyer, C. B. & Merzbach, U. C.(2000), 수학의 역사 (양영오·조윤동 역). 경문사. (원저 1968년 출판)
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association*, Vancouver, Canada (Vol. 1, p. 25).
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (1994). *Handbook of qualitative research*. Sage publications, inc.
- Gleasant, C., & Kim, C. (2020). Pre-service teacher's use of block-based programming and computational thinking to teach elementary mathematics. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6(1), 52-90.

## A Study on Pre-service Teachers' Development of Digital-based Teaching and Learning Materials of Pi

**Kang, Hyangim**

Gongju National University of Education

E-mail : hikang2002@hanmail.net

**Choi, Eunah<sup>†</sup>**

Woosuk University

E-mail : eunachoi@woosuk.ac.kr

The purpose of this study is to examine how pre-service teachers' digital capabilities and content knowledge for teaching pi appear and are strengthened in the process of developing digital-based teaching and learning materials of pi, and to derive implications for pre-service teacher education. To this end, the researchers analyzed the process of two pre-service teachers developing exploratory activity materials for teaching pi using block coding of AlgeoMath program. Through the analysis results, it was confirmed that AlgeoMath' block coding activities provided an experience of expressing and expanding the digital capabilities of pre-service teachers, an opportunity to deepen the content knowledge of pi, and to recognize the problems and limitations of the digital learning environment. It was also suggested that the development of digital materials using block coding needs to be used to strengthen digital capabilities of pre-service teachers, and that the curriculum knowledge needs to be emphasized as knowledge necessary for the development of digital teaching and learning materials in pre-service teacher education.

---

\* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D40

\* Key Words : pre-service teachers, concept of pi, development of digital materials, block coding, teaching and learning materials

<sup>†</sup> Corresponding Author