

문제해결 프로그래밍 교육에서 컴퓨팅 사고력 평가를 위한 도구 개발: 지필형 검사지 및 자기보고식 설문지

김성식[†] · 김영직^{††} · 조아라^{†††} · 이민우^{††††}

요 약

본 연구의 목적은 교원양성대학의 대학생을 대상으로 한 문제해결 프로그래밍 교육에서 학습자들의 컴퓨팅 사고력을 평가할 수 있는 평가 도구를 개발하고 타당화하여 활용 가능성을 분석하는 것이다. 이를 위해 문제해결 프로그래밍의 관점에서 컴퓨팅 사고력의 영역과 세부 요소를 재 정의하였으며 이를 평가할 수 있는 지필형 검사지 및 자기보고식 설문지를 개발하였다. 실제 교원양성대학의 대학생을 대상으로 개발한 평가 도구를 적용하여 신뢰도와 타당도를 각각 분석하였다. 이를 통해 본 연구에서 개발한 지필형 검사지 및 자기보고식 설문지가 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 도구로 활용이 가능함을 확인하였다.

주제어 : 문제해결 프로그래밍, 컴퓨팅 사고력 평가, 자기보고식 설문지

Development of a Tool for Computational Thinking Assessment in Problem-Solving Programming Education: Paper Type Inspection and Self-Report Questionnaire

Seong-Sik Kim[†] · Young-Jik Kim^{††} · Ara Jo^{†††} · Min-Woo Lee^{††††}

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop and validate assessment tools and to analyze their applicability in problem solving programming education for college students of teacher training college. For this purpose, we have redefined the area of computational thinking and detail elements from the viewpoint of problem solving programming, and developed paper type inspection and self-report questionnaires to evaluate them. The reliability and validity were analyzed by applying the evaluation tool developed for the actual college students of teacher training college. Through this study, it was confirmed that the paper type inspection and self-report questionnaires developed in this study can be used as a tool to computational thinking assessment.

Keywords : Problem-Solving Programming, Computational Thinking Assessment

[†]종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
^{††}정 회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
^{†††}정 회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 석사
^{††††}정 회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 석사과정
논문접수: 2019년 4월 10일, 심사완료: 2019년 4월 15일, 게재확정: 2019년 5월 13일
* 본 논문은 2018년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018S1A5A2A01036047)

1. 서론

소프트웨어 교육이 강화된 2015 개정 교육과정 이 순차적으로 시행되고 있는 지금 컴퓨팅 사고력을 갖춘 정보교육 인재를 어떻게 양성할지는 교원 양성 대학의 주요 관심사이다. 학생들의 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 교육이 제대로 이루어지기 위해서는 그것을 지도하는 교사의 전문성이 담보되어야 한다. 컴퓨팅 사고력을 함양한 미래 인재를 기르기 위해서 컴퓨팅 사고력을 이해하고 견비한 교사를 길러내야 제대로 된 교육이 이루어질 수 있을 것이다[1].

컴퓨팅 사고력을 기를 수 있는 가장 대표적인 방법은 프로그래밍 교육이다[2]. 그러나 프로그래밍을 학습하기 위해서는 프로그래밍 언어에 대한 학습이 필수적이며, 이로 인한 인지 과부하로 많은 학생들이 어려움을 겪는다[3][4]. 프로그래밍 학습은 궁극적으로 ‘주어진 문제의 해결’에 목적이 있다. 따라서 학습 목표를 ‘해결해야 할 문제’에 두고 이를 해결하기 위해 프로그래밍 문법, 자료구조, 알고리즘 등을 학습한다면 학습 목표를 더욱 잘 달성할 수 있다[5]. 2015 개정 실과/정보과 교육과정에서는 프로그래밍 언어의 문법에 대한 학습을 최소화하고, 문제 해결에 필요한 프로그래밍을 통한 컴퓨팅 사고력을 신장하는 데 중점을 두고 있다. 또한 평가에 있어 프로그래밍 언어의 문법 이해와 관련한 지엽적인 평가를 지양하고 문제 분석, 추상화, 알고리즘 설계, 프로그램 개발 및 수정 등 일련의 수행 과정을 종합적으로 평가하도록 제시되어 있다[6]. 이처럼 프로그래밍 교육은 문제 해결을 통해 이루어져야 하며, 문제해결 프로그래밍의 관점에서 컴퓨팅 사고력을 평가할 때는 학습자의 문제해결 과정을 쉽고 빠르게 평가할 수 있는 방안이 마련되어야 한다[7].

컴퓨팅 사고력의 함양이 소프트웨어 교육의 1차적인 목표이기 때문에 컴퓨팅 사고력 향상이라는 목표를 달성하였는지를 어떻게 평가할 것인가는 매우 중요한 문제임에도 이에 관한 연구는 비교적 미비하다. 또한 중등 및 고등교육에서 텍스트형 프로그래밍 언어를 사용하여 프로그래밍 교육이 이루어지고 있음에도, 기존에 컴퓨팅 사고력 평가에 관한 연구는 주로 스크래치와 같은 블록형 프로그래밍

언어를 활용한 교육, 로봇 등의 교구를 활용한 교육에 관한 내용이 주를 이룬다[8][9]. 따라서 텍스트형 프로그래밍 언어를 활용한 문제해결 프로그래밍 교육의 컴퓨팅 사고력 평가에 관련된 연구가 필요하다.

프로그래밍 교육과 관련된 선행 연구들에서 활용된 컴퓨팅 사고력 평가 방법으로는 지필형 검사, 자기보고식 설문, 산출물 평가 등이 있다. 컴퓨팅 사고력 평가 방법에 대해 연구한 선행 연구에서 평가 도구들은 각각의 장, 단점을 가지고 있으며, 평가 요소 및 영역에 차이가 있으므로 상호 보완적으로 활용이 가능하다고 분석하였다[10]. 평가 도구 간의 상관을 분석한 연구에서 자기보고식 설문은 지필평가, 베브라스 검사와의 상관을 보였지만, 각각의 도구들이 평가하고자 하는 세부 영역에 차이가 있으므로 제약이 있다[8]. 또한 자기보고식 설문과 베브라스 검사와의 상관이 없다는 연구도 있어 이를 다시 검증할 필요가 있다[11].

따라서 본 연구에서는 교원양성대학의 대학생들을 대상으로 문제해결 프로그래밍 교육에서 학습자들의 컴퓨팅 사고력을 평가할 수 있는 동일한 평가 영역을 지닌 지필형 검사지 및 자기보고식 설문을 개발하였다. 개발한 평가 도구로 대학생에게 실시한 결과를 통해 평가 도구의 신뢰도, 타당도를 확인하였다. 이를 통해 문제해결 프로그래밍 교육에서 컴퓨팅 사고력을 평가하는 방법을 개발하고 교육 현장에서의 활용 가능성을 분석하는 것을 목적으로 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 컴퓨팅 사고력

Wing(2006)은 컴퓨팅 사고력을 “해결해야 할 문제를 만났을 때 컴퓨터 과학자처럼 사고하는 것”이라고 정의하였으며 “컴퓨터 과학의 기초적인 개념들에 기반을 둔 문제해결, 시스템 설계, 인간 행동의 이해를 포함하는 개념”이라고 하였다[12][13]. 2015 개정 정보과 교육과정에는 컴퓨팅 사고력을 “컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 컴퓨팅 시스템을 활용하여 실생활과 다양한 학문분야의 문제를 이해하고 창의적으로 해법을 구현하여 적용할 수

있는 능력”이라고 정의하고 있다[6]. 이를 종합해 보면 컴퓨팅 사고력은 컴퓨터 과학 및 프로그래밍에 대한 지식, 기술을 갖추는 것이 아니라, 문제를 해결하는 전반적인 사고의 과정을 나타낸다고 할 수 있다.

2015 개정 교육과정의 정보 교과에서는 컴퓨팅 사고력의 구성요소를 정보의 내용체계에서 영역과 핵심 개념으로 반영하였다. 이를 ISTE와 CSTA에서 정의한 컴퓨팅 사고력 구성요소와 비교 하면 <표 1>과 같다[14].

<표 1> CT구성요소와 2015개정교육과정 정보교과 내용체계 비교[14]

CSTA & ISTE CT 구성요소	2015 개정교육과정 정보	
	역역	핵심개념
자료수집	자료와 정보	자료와 정보 표현
자료분석		
자료표현		
문제분해		자료와 정보 분석
추상화	문제해결과 프로그래밍	추상화
알고리즘		알고리즘
자동화		프로그래밍
시뮬레이션	컴퓨팅시스템	컴퓨팅시스템의 동작과 원리
병렬화		피지컬 컴퓨팅

2.2 문제해결 프로그래밍

문제해결 프로그래밍은 기존의 단편적인 개념을 확인하기 위해 프로그래밍 하는 것과는 차별화된다. 문제해결 프로그래밍의 가장 중요한 목표는 주어진 문제 상황에서 컴퓨팅 능력을 활용해 필요로 하는 정확한 답이나 해법을 주어진 제한시간(대부분 1초) 이내에 얻어낼 수 있도록 하는 것이다[15]. 따라서 단순히 문제의 해결에만 끝나는 것이 아니라 모든 상황을 만족하는 일반적인 프로그램을 만들기 위해 노력하며, 주어진 시간 안에 문제를 해결하기 위해 노력하는 것에 중점을 둔다.

본 연구에서는 문제해결 프로그래밍을 “문제 상황 제시, 입력과 출력 방법, 입출력 사례제시 등으로 구성된 프로그래밍 경시대회나 online judge 시스템에서 사용되는 방식에 따라 문제가 주어졌을 때, 주어진 문제를 보다 효율적이며 일반적으로 해

결하기 위해 프로그래밍 문법, 자료구조, 알고리즘 등을 사용하여 프로그래밍을 하는 것”이라고 정의하였다.

2.3 컴퓨팅 사고력 평가 도구

2.3.1 지필형 검사지

지필형 검사지는 평가 목적에 따라 문항의 형태를 다양하게 변형시킬 수 있으며, 평가 문항의 난이도를 쉽게 조절할 수 있어 지금까지 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 평가 도구로 많이 활용되었다.

지필평가는 특정 프로그래밍 언어나 환경에서 진행하기 때문에 특정 언어에 대한 지식 및 기능을 평가하게 되는 제한점을 극복할 수 있는 방법이 필요하다[10]. 최근에는 비버 챌린지 대회의 문제를 활용하여 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 연구가 이루어지고 있다[16][17]. 비버 챌린지는 특별한 사전 지식이 없더라도 도전이 가능한 과제로 구성되며, 정보 교육에 있어 동기를 유발하고 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위해 개발된 문제 해결 중심의 평가 모델이자 교육 운동이다[17]. 하지만 비버 챌린지 문항은 수업에서 배운 내용을 직접적으로 평가하기 보다는 일상에 접하게 되는 문제에 전이된 CT역량을 평가하기 때문에 단기간의 교육으로는 크게 영향을 미치지 못할 수도 있다[10].

PISA나 베브라스 검사지와 같이 공인된 검사지를 활용한 평가는 보다 객관적으로 평가할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 사전, 사후 검사로 개발되어 있지 않은 경우가 많아 난이도 선정에 어려움이 있을 수 있으며, 같은 문제에 반복 노출될 경우 검사 결과의 정확성이 떨어질 수 있다. 따라서 비슷한 난이도의 두 종류의 지필형 검사지가 있으면 연구의 효과성 분석에 유용할 것이다.

2.3.2 자기보고식 설문

자기보고식 설문은 프로그래밍 언어나 환경, 힌트 등에 제약 없이 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 프로그래밍에 관한 구체적인 질문을 포함하고 있어 학습자들의 컴퓨팅 사고력을 효율적으로 진단하여 적절한 피드백을 제공할 수 있다[8].

노지에, 이정민(2018)은 로봇 활용 SW교육에서 자기보고식 설문과 지필평가, 베브라스 검사와의 상관을 분석한 연구에서 자기보고식 설문은 지필평가와 베브라스 사후 검사와의 상관을 보였다[8]. 하지만 베브라스 사전 검사와는 유의한 상관을 보이지 않았는데 이는 자기보고식 설문 형태의 특성으로 인해 문제해결 프로그래밍을 처음 접하는 학습자들은 응답에 어려움을 겪기 때문이라고 해석하였다. 따라서 이를 보완하기 위한 대안이 필요하다.

김은지, 이태욱(2018b)은 초등학생을 대상으로 자기보고식 설문과 베브라스 검사와의 상관을 분석하였으나 상관이 없다는 것을 확인하였다[11]. 하지만 이는 각각의 도구들이 평가하고자 하는 세부 영역(능력)에 차이가 있으므로 동일한 평가 요소로 다시 검증할 필요가 있다.

2.3.3 산출물 검사

산출물 평가는 루브릭을 활용하여 평가하는 방법과 자동화된 도구를 활용하는 방법이 있다.

루브릭을 활용한 산출물 평가는 평가자의 주관이 들어가기 쉬워 객관적인 평가가 어려울 수 있으며[8], 결과물을 가지고 평가하기 때문에 문제를 해결하는 전반적인 사고 과정을 평가하기에는 한계가 있다.

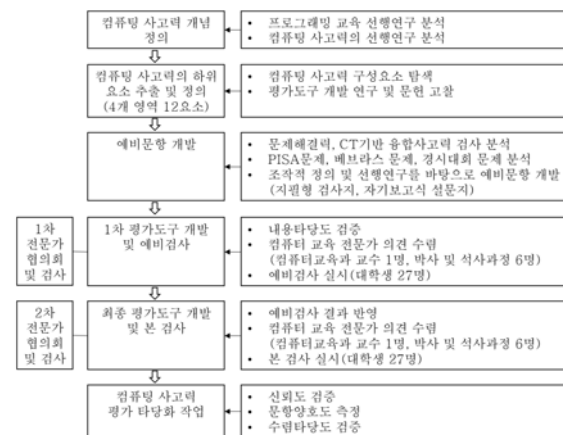
자동화된 도구를 활용하는 방법은 대표적으로 Scratch 프로그래밍 언어로 작성된 프로젝트를 평가해 주는 웹기반 도구인 Dr. scratch를 활용하는 평가가 있다. 문제해결 프로그래밍 교육에서 활용되는 자동평가시스템(Online Judge) 역시 자동화된 평가 도구가 될 수 있다. 자동평가 시스템은 사용자가 주어진 문제에 대해 그 문제를 해결하는 소스코드를 제출하면, 컴파일 시간과 실행 시간의 오류를 확인하고, 소스코드의 정확성과 알고리즘의 효율성을 자동으로 평가하는 시스템이다[5]. 자동평가 시스템을 통해 프로그래밍 능력을 평가할 수 있지만 이를 컴퓨팅 사고력과 연관한 연구는 아직 부족하다. 하지만 자동평가시스템은 문제를 분석하고 알고리즘을 설계하여 자동화 과정을 거쳐 완성한 프로그래밍 결과물을 직접적이고 객관적으로 평가

할 수 있는 도구이므로 컴퓨팅 사고력 평가 도구와의 상관을 분석하기에 의미가 있다.

이런 평가 방법들을 분석한 선행 연구에서 평가 도구들은 각각의 장, 단점을 가지고 있으므로, 한 가지 도구로 평가하기 보다는 다양한 평가 도구를 통해 다각도로 평가가 필요하며, 각각의 평가 도구는 상호 보완적으로 활용이 가능하다고 분석하였다[10]. 따라서 본 연구에서는 동일한 평가 요소를 가진 각각의 평가 도구를 개발하고, 타당성을 검증하여 이를 교육에 활용할 수 있는 가능성을 분석하고자 한다.

3. 연구절차 및 방법

3.1 연구 절차



[그림 1] 컴퓨팅 사고력 평가 문항 개발 절차

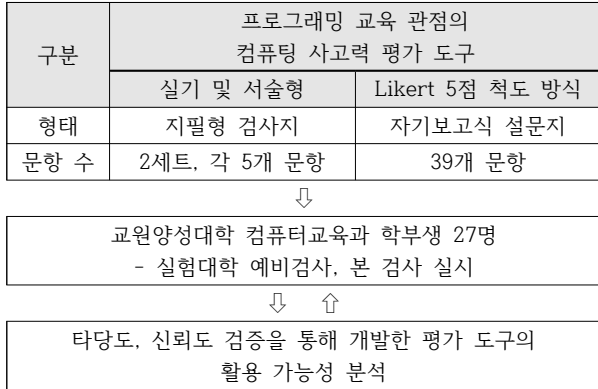
3.2 연구 대상

본 연구는 교원양성대학의 대학생을 대상으로 문제해결 프로그래밍 교육을 위한 컴퓨팅 사고력 평가 도구를 개발하고 타당화하기 위한 것으로 교원양성대학인 K 대학의 학생 중 문제해결 프로그래밍과 관련된 수업을 수강중인 컴퓨터교육과 2~4학년 학생 27명으로 구성하였다.

3.3 연구 방법

본 연구의 핵심은 컴퓨팅 사고력을 통해 주어진 문제를 해결하는 지필형 검사지와 함께, 자기보고식 설문지를 동시에 개발하는 것이다. 두 검사도구의 신뢰도와 타당도를 검증함으로써 개발한 평가

도구의 실제 활용 및 일반화 가능성을 확인하였다 ([그림 2]).



[그림 2] 개발한 컴퓨팅 사고력 평가 도구 및 적용

4. 컴퓨팅 사고력 평가 도구 개발

4.1 컴퓨팅 사고력 개념 정의

ISTE & CSTA(2011)의 정의를 바탕으로 미래창조과학부와 한국정보화진흥원에서는 컴퓨팅 사고력의 구성 요소를 [그림 3]과 같이 정의하였다[18].



[그림 3] 컴퓨팅 사고력의 9가지 구성요소[18]

프로그래밍 교육의 관점으로 컴퓨팅 사고력을 평가할 때 [그림 IV-1]의 9가지 구성요소를 모두 포함하여 평가하기에는 제약이 있다. 한국과학창의재단(2014)에서는 구성 요소들이 교육과정에서 반드시 나열된 순서에 따라 배열되거나, 모든 하위 요소가 포함되어야 할 필요는 없다고 제시하였다 [13]. 때문에 본 연구에서는 프로그래밍 교육에 필요한 요소를 선정하여 재 정의하였다.

2015 개정 정보 교육과정의 문제해결과 프로그래밍 영역에서는 컴퓨팅 사고력의 구성 요소를 반영하여 핵심 영역을 ‘추상화’, ‘알고리즘’, ‘프로그래밍’으로 선정하였다[6]. 또한 컴퓨팅 사고력 기반의 프로그래밍 교육에서 많이 이루어지는 문제해결 프로그래밍 교육에서는 문제 이해, 문제 분석, 알고리즘 사고 등의 추상화 요소와 알고리즘 표현, 알고리즘 분석, 자료구조 등의 자동화 요소를 포함하는 경우가 많다.

본 연구에서는 이를 바탕으로 컴퓨팅 사고력의 평가 영역을 ‘문제분해’, ‘추상화’, ‘알고리즘 절차’, ‘자동화’로 선정하고, 이 영역에서의 평가 도구 개발에 집중하고자 하였다. 2015 개정 교육과정의 내용 요소를 바탕으로 각 영역별 세부 요소를 3개로 나누어 모두 12개의 세부 요소로 구성하여 정의하였다. 재선정된 4가지 영역과 세부 요소의 조작적 정의는 <표 2>와 같다.

<표 2> 프로그래밍 교육 관점에서의 컴퓨팅 사고력 핵심 요소

영역	세부요소	조작적 정의 내용
문제 분해	문제이해	문제에서 요구하는 입·출력 상황을 이해하는 능력
	문제분석	문제의 난이도와 해결 방안을 파악하는 능력
	문제분할	문제를 해결 가능한 작은 문제로 분할하는 능력
추상화	핵심요소 (변수)추출	불필요한 요소를 제거하고 변수를 추출하는 능력
	핵심요소 (연산)추출	문제해결에 필요한 연산을 추출하는 능력
	시뮬레이션	변수를 작은 값으로 대체하여 연산결과를 예측하는 능력
알고리즘 절차	알고리즘 설계	문제해결에 필요한 연산들을 구조화하는 능력
	알고리즘 표현	필요한 연산들을 순서도 또는 자연어로 표현하는 능력
	알고리즘 분석	필요한 연산들을 수행시간의 관점에서 분석하는 능력
자동화	문제해결 실행	문제해결 알고리즘을 프로그래밍으로 구현하는 능력
	자료구조 활용	문제해결에 필요한 자료구조를 이해하고 활용하는 능력
	프로그래밍 언어	프로그래밍 언어를 이해하고 문제해결에 활용하는 능력

4.2 지필형 검사지 개발

<표 2>에서 정의한 컴퓨팅 사고력의 핵심 요소와 조작적 정의를 바탕으로 컴퓨팅 사고력 지필형 검사지를 개발하였다. 평가 문제는 단순히 프로그래밍 언어의 이해 여부를 확인하는 것이 아니라, 주어진 문제를 해결하기 위해 적절한 방법을 탐색하면서 컴퓨팅 사고력의 발달 정도를 평가할 수 있도록 개발하였다. 문항들은 문제해결 프로그래밍 수업에서 활용할 수 있는 문항들로 자료구조와 알고리즘의 기본 개념이 포함되도록 구성하였다. 하

지만 개념을 미리 학습하지 않더라도 그 원리를 이해하고 해결할 수 있는 문항들로 구성하였다. 또한 특정 프로그래밍 언어에 제한되지 않는 문제를 개발하였으나, 자동화 영역의 프로그래밍 언어 능력을 확인하기 위한 문제에만 평가를 위해 C언어를 사용하여 제작하였다. 앞서 정의한 컴퓨팅 사고력의 4개 영역, 12개 요소를 모두 평가할 수 있도록 평가 지표를 제작하여 개발하였다. 각각의 문항은 스토리가 있는 상황 맥락적 문제로 이루어졌으며, 한 문항에 2~4개의 소문항으로 이루어진 실기 및 서술형 문제로 구성되어 있다.

초·중등학교에서 소프트웨어 교육을 담당하고 있는 현직 교사, 컴퓨터교육 전공 석·박사과정 대학원생, 대학 교수로 구성된 전문가 협의회를 통해 내용 타당도를 확인하였다. 이를 바탕으로 문항을 수정·보완하여 총 10문항의 최종 평가 도구를 개발하였다. 또한 예비검사와 본 검사에서 같은 학생들을 대상으로 평가를 실시하였기에, 같은 문제를 제시하면 결과의 정확도가 저하될 수 있으므로 난이도와 검사 시간, 평가 영역이 유사하도록 5문항씩 두 그룹으로 나누어 개발하였다.

4.3 자기보고식 설문지 개발

<표 2>에서 정의한 컴퓨팅 사고력의 핵심 요소와 조작적 정의, 개발한 지필형 검사지를 바탕으로 자기보고식 설문 형식의 예비 문항을 개발하였다. 각 문항들은 특정 프로그래밍 언어, 환경에 제약을 받지 않는 문항으로 구성하였다. 개발한 예비 문항은 각 영역별 세부요소별로 4~7문항씩 총 61문항으로 구성하였다. 전문가 협의회를 통해 예비 문항의 내용 타당도를 검증하여 의미가 중복되는 문항, 모호하고 구체적이지 않은 문항을 수정·제거하였다. 또한 추상화의 세부요소인 ‘핵심요소 추출(변수)’와 ‘핵심요소 추출(연산)’이 중복되는 의미가 많아 ‘핵심요소 추출’로 통합하자는 의견을 반영하여 자기보고식 설문지를 수정하여 1차 평가도구(자기보고식 설문지)를 완성하였다.

1차 평가 도구(자기보고식 설문지)는 각각의 영역에 따른 세부 요소별 3~5문항씩 총 39문항으로 구성하였으며, Likert 5단계 평정 척도로 제작하였

다. 1차 평가 도구(자기보고식 설문지)의 문항은 문제분해 영역 10문항, 추상화 영역 9문항, 알고리즘 절차 영역 10문항, 자동화 영역 10문항으로 총 39문항으로 이루어져 있다.

4.4 예비검사 실시 및 최종 평가도구 개발

예비검사를 실시하여 1차 평가 도구(지필형 검사지A, 자기보고식 설문지)의 신뢰도와 타당도를 검증하였다. 자기보고식 설문지의 타당도를 확보하기 위해 지필형 검사지와 자기보고식 설문지를 동시에 투입하여 수렴 타당도를 살펴보았다. 자기보고식 설문지의 타당도를 확보하려면 자기보고식 설문지와 지필형 검사지를 동시에 투입하되 그 순서에 상관없이 모두 타당도가 확보되어야 한다. 따라서 두 종류의 평가 도구를 동시에 사용하되 지필형 검사지와 자기보고식 설문지의 상관관계를 보다 명확히 분석하기 위해 이를 두 그룹으로 나누어 검사를 실시하였다. 한 그룹(A)은 지필형 검사지를 먼저 실시한 후 자기보고식 설문지를 실시하였고, 또 한 그룹(B)은 자기보고식 설문지를 먼저 실시한 후 지필형 검사지를 실시하였다. 자기보고식 설문의 신뢰도 분석 결과 Cronbach's α 계수가 .962로 매우 높게 나타났으며 문항 제거 시 α 계수가 높아지는 문항은 존재하지 않았다. 수렴타당도 분석 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 예비검사 상관분석 결과

구분	Pearson 상관계수	유의확률 (양쪽)
그룹 A (지필형 검사지 -> 자기보고식 설문지)	.795**	.001
그룹 B (자기보고식 설문지 -> 지필형 검사지)	.484	.094
전체	.641**	.000

A, B 두 그룹 전체의 상관분석 결과 지필평가와 자기보고식 설문 점수는 유의수준 .01에서 유의한 상관이 있으며, 상관계수는 .641로 상관이 높다. 특히 지필형 검사지를 먼저 실시하고 자기보고식 설문지를 실시한 그룹 A의 상관분석 결과 지필형 검사지와 자기보고식 설문지 점수의 상관계수는 .795로 상관이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는

마찬가지로 유의수준 .01에서 유의하였다. 반면 자기보고식 설문지를 먼저 실시한 그룹 B의 상관분석 결과는 지필형 검사지와 자기보고식 설문지 점수의 상관계수가 .484 이지만 유의확률 .173으로 유의수준 .01에서 유의하지 않다. 본 자기보고식 설문지가 수렴타당도를 확보하기 위해서는 지필형 검사지, 자기보고식 설문지의 실시 순서에 상관없이 일정한 컴퓨팅 사고력이 평가되어야 한다. 지필형 검사지를 먼저 실시하고 자기보고식 설문지를 실시한 경우 두 평가 도구 점수와의 상관성이 높은 것은 피험자가 지필형 검사지를 해결하며 자신의 능력을 조금 더 객관적으로 파악할 수 있고, 자기보고식 설문지 문항을 더욱 명확하게 이해할 수 있었기 때문이라고 해석할 수 있다. 반면 자기보고식 설문지를 먼저 실시한 경우 직접 문제를 접해보지 않았기 때문에 자기보고식 설문지에서 묻고 있는 용어, 표현, 내용들이 학습자들에게 혼돈을 주거나 왜곡된 능력 지각이 일어났을 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 지필형 검사지, 자기보고식 설문지의 실시 순서에 상관없이 수렴타당도를 확보하기 위해 자기보고식 설문지의 형태와 내용을 수정·보완하였다.

예비검사 결과 그룹B에서 상관분석이 유의하지 않았던 이유는 자기보고식 설문지에서 묻는 내용, 용어, 표현 등이 모호하기 때문이라고 판단하였다. 따라서 피험자가 자기보고식 설문지에서 무엇을 묻고 있는지 보다 명확하게 알 수 있도록 자기보고식 설문지를 수정할 필요가 있다. 본 연구에서는 다음과 같은 측면에서 평가 도구를 수정 및 보완하였다.

첫째, 자기보고식 설문지 앞부분에 이해를 돕는 설명을 추가하였다. 따라서 자기보고식 설문지의 문항이 시작되기 전 그 앞부분에 문제해결 프로그래밍에 대한 이해를 돕고 사용 용어를 명확하게 정리할 수 있도록 예시 문제를 제시하였다. 또한 예시 문제를 풀어보며 자신의 실력을 스스로 진단할 수 있는 기회를 제공하여 줄 수 있다고 판단하였다. 이에 앞서 실시하였던 지필형 검사지 문항 중 컴퓨팅 사고력의 모든 영역을 다 포함할 수 있도록 문항을 수정하여 도움 설명과 함께 추가하였다. 문제의 정답도 함께 제시하여 문제를 직접 풀어보는 것이 아니라 이해를 돕기 위한 '예시'임을 나타냈

다.

둘째, 문항에서 사용하는 용어를 통일하고, 묻고자 하는 내용을 구체화하였다. 추가적인 설명으로 문제 예시를 추가하였지만 이는 피험자들에게 추가적인 인지적 부담을 줄 가능성이 있다. 자기보고식 설문지의 문항만으로도 무엇을 묻고 있는지 명확하게 파악할 수 있어야 한다. 따라서 전문가 협의회를 통해 자기보고식 설문지 문항 중 모호한 용어, 표현들을 수정하고 불필요한 내용을 삭제 및 간결화 하여 명확화 하였다.

이후 전문가 협의회를 통해 내용 타당도를 검증하였으며 이를 통해 최종 평가 도구(자기보고식 설문)을 완성하였다.

5. 연구 결과

5.1 본 검사 실시

완성된 최종 평가 도구로 본 검사를 실시하였다. 예비 검사에서 지필형 검사지를 먼저 실시한 경우 자기보고식 설문지의 타당도를 확보하였으므로 본 검사에서는 모두 자기보고식 설문지를 먼저 실시한 후 지필형 검사지를 실시하여 신뢰도와 타당도를 분석하였다.

5.2 평가 도구의 신뢰도 및 타당도 분석

5.2.1 지필형 검사지 분석

지필형 검사지는 5문항씩 두 세트(지필형 검사지 A, 지필형 검사지B)를 개발하여 예비검사와 본 검사에 나누어 검사를 실시하였다.

1) 기술통계 및 문항양호도 평가

문항의 변별력을 알아보기 위해 지필형 검사지의 기술 통계를 분석한 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다. 일반적으로 문항이 변별력을 갖기 위해서는 평균값이 양극단 값에 가깝지 않고, 표준편차 값이 클수록 좋다[19]. 지필형 검사지A와 지필형 검사지B의 모든 문항들은 평균과 표준편차가 적절한 수준으로 나타났다.

<표 4> 지필형 검사지A의 기술통계

문항	총점	평균	표준편차
배고픈 햄스터	10	5.38	3.522
무술대회	9	6.80	2.417
하노이 탑	11	5.88	3.398
우박수	10	3.04	4.084
표기법과 순회	11	3.62	3.453

<표 5> 지필형 검사지B의 기술통계

문항	총점	평균	표준편차
우편배달부	8	5.09	2.635
정글의 법칙	10	7.09	3.006
날말 퀴즈	9	5.27	2.898
다트 게임	12	6.36	3.710
숫자 퍼즐	7	4.45	3.814

다음으로 문항양호도를 평가하기 위해 문항난이도를 분석하였다. 지필형 검사지의 문항 난이도는 <표 6>, <표 7>과 같다. 분석 결과 문항난이도는 상, 중, 하 문제가 골고루 분포되어 있으며, 지필형 검사지A와 B에 균형적으로 배치되어 있는 것을 확인할 수 있다.

<표 6> 지필형 검사지A의 문항 난이도 <표 7> 지필형 검사지B의 문항 난이도

문항	문항난이도	문항	문항난이도
배고픈 햄스터	1 0.54	우편배달부	1 0.56
	2 0.38		2 0.37
	3 0.69		3 0.74
무술대회	1 0.58	정글의 법칙	1 0.81
	2 0.85		2 0.85
	3 0.85		3 0.48
하노이 탑	1 0.80	날말 퀴즈	1 0.74
	2 0.85		2 0.70
	3 0.35		3 0.33
	4 0.38	다트 게임	1 0.81
우박수	1 0.23		2 0.89
	2 0.27		3 0.19
	3 0.35		4 0.59
표기법과 순회	1 0.12	숫자 퍼즐	1 0.26
	2 0.54		2 0.44
	3 0.38		

2) 신뢰도 검증

지필형 검사지 A와 B의 신뢰도 분석 결과는 <표 8>과 같다. 전체 문항의 문항내적 일관성 계수인 Cronbach's α 는 .734와 .760으로 평가 도구로 사용하기에 신뢰도가 적절한 것으로 나타났다.

<표 8> 지필형 검사지의 신뢰도

구분	Cronbach's α
지필형 검사지A	.734
지필형 검사지B	.760

5.2.2 자기보고식 설문지 분석

1) 신뢰도 검증

자기보고식 설문지의 신뢰도 분석 결과 전체 문항의 Cronbach's α 계수가 .966으로 나타나 매우 높은 신뢰도 수준을 보였다. 또한 '문제분해', '추상화', '알고리즘절차', '자동화' 각 영역별 신뢰도 역시 .903, .869, .900, .899로 나타나 역시 매우 높은 수준으로 나타났다. 신뢰도 분석의 자세한 결과는 <표 9>와 같다.

<표 9> 자기보고식 설문지의 신뢰도

구분	문제 분해	추상화	알고리즘 절차	자동화	전체
Cronbach's α	.903	.869	.900	.899	.966
문항 수	10	9	10	10	39

이를 통해 자기보고식 설문지의 문항들이 평가하고자 하는 컴퓨팅 사고력을 일관적으로 검사하고 있다고 할 수 있다.

2) 수렴타당도 검증

일반적으로 동일한 평가 요소를 서로 다른 도구를 이용하여 평가할 경우, 서로 다른 평가 도구 사이의 상관관계를 통해 평가의 결과가 얼마나 일치하는지를 검증하는데, 이런 과정을 수렴타당도를 검증하는 과정이라고 한다. 이때 상관계수 값이 높게 나타나면 두 검사가 동일한 특성을 측정하고 있다는 것을 의미한다[20].

수렴타당도 검증을 위해 지필형 검사지와 자기보고식 설문지 실시 결과의 상관분석을 실시하였다. 또한 학생들의 문제해결 프로그래밍 과제 해결 점수와와의 상관 분석을 실시하였다. 과제 해결 점수는 본 연구에 참가한 학생들이 한 학기 동안 자동평가 시스템을 통해 실제 문제해결 프로그래밍을 완성한 결과로 5문항씩 총 11회를 실시한 종합 점수를 의미한다. 과제의 문제는 김성식 외(2018)가 개발하여 효과성을 확보한 문제은행의 문제를 적용하였다[21]. 이는 학생들이 실제로 문제해결 프로그래밍을 통해 문제를 해결한 것을 평가한 결과로 문제해결 프로그래밍 능력을 평가하기 위한 객관화된 점수라 할 수 있다. 자기보고식 설문 점수와 지필평가 점수, 과제해결점수와와의 상관분석을 실시한 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 상관분석 결과

구분	1	2	3
1. 지필평가	1		
2. 자기보고식 설문	.655**	1	
3. 과제 해결 점수	.445*	.579**	1

* $p < .05$, ** $p < .01$

상관 분석을 실시한 결과 지필평가 점수와 자기보고식 설문 점수는 상관계수가 .655로 높은 상관을 보였다. 또한 과제 해결 점수와 자기보고식 설문지 점수는 상관계수가 .579로 상관이 있는 것으로 확인되었다. 이는 모두 유의확률 .01에서 유의한 것으로 나타났다. 지필평가 점수와 과제 해결 점수 사이에도 상관계수 .445로 유의확률 .05에서 상관이 있는 것으로 확인되었다.

6. 결론 및 제언

6.1 결론

본 연구는 문제해결 프로그래밍을 학습하는 예비교원들의 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 평가 도구 개발을 목표로 하였다. 지필형 검사와 자기보고식 설문은 각각의 장단점을 가진다. 따라서 객관적인 문제 풀이 방식의 지필형 검사지와, Likert 5점 척도 방식의 자기보고식 설문지 두 종류의 평가 도

구를 개발하고 각각의 신뢰도, 타당도를 검증하여 두 평가도구의 활용 가능성을 분석하였다.

예비검사와 본 검사를 실시하여 본 연구에서 개발한 지필형 검사지와 자기보고식 설문의 신뢰도와 타당도를 검증하였다. 신뢰도 분석 결과 지필형 검사지, 자기보고식 설문지 모두 적절한 신뢰도 수준을 보였다. 수렴타당도를 검증한 결과 지필형 검사지와 자기보고식 설문지 사이에 상관이 높은 것으로 나타났다. 또한 자기보고식 설문지와 지필형 검사지는 과제 해결 점수와도 유의한 상관이 있는 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 개발한 지필형 검사지와 자기보고식 설문지가 컴퓨팅 사고력의 동일한 특성을 평가하고 있다는 것을 의미하며 실제 문제해결 프로그래밍 능력도 반영하고 있다고 할 수 있다. 따라서 지필형 검사지와 자기보고식 설문지 모두 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 도구로 활용 가능함을 시사한다.

본 연구결과를 통해 개발된 컴퓨팅 사고력 평가 도구는 문제해결 프로그래밍을 학습하는 예비교원들의 컴퓨팅 사고력을 평가하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한 예비교원들이 스스로 자신의 수준을 가능하게 하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 개발한 지필형 검사지와 자기보고식 설문지는 각각의 장점을 살려 상황에 따라 상호보완적으로 활용할 수 있을 것이다. 본 연구에서 개발한 지필형 검사지는 보다 객관적으로 컴퓨팅 사고력을 평가할 수 있는 장점이 있다. 또한 평가 목적에 따라 문항의 형태, 난이도 등을 쉽게 변경할 수 있다[22]. 평가 문항은 유사한 난이도의 두 그룹으로 나누어 개발하였으므로 사전, 사후 검사에 활용할 수 있다. 하지만 시간과 비용이 많이 들고, 특정 프로그래밍 언어에 제한될 수 있다. 자기보고식 설문지는 이런 단점을 보완하여 빠르고 간편하게 피험자의 컴퓨팅 사고력을 평가할 수 있다. 또한 검사 횟수나 프로그래밍 언어에 제약을 받지 않는다. 교수자에게는 학생들을 지도, 조언, 충고하기 위한 자료로, 학습자에게는 자신의 수준을 스스로 진단해 보는 참고 자료로 활용할 수 있을 것이다. 하지만 컴퓨팅 사고력 자체를 측정하기 보다는, 컴퓨팅 사고력에 대한 피험자의 인식을 측정하는 문항이 될 수 있다는 한계가 있다[8].

문제해결 프로그래밍은 입력과 출력이 미리 정해

진 문제 상황이 주어지기 때문에 학생들은 문제를 해결하고 정해진 출력 값을 출력하는 프로그램을 작성하는 과정에서 본인의 수준을 스스로 진단할 수 있다. 또한 문제해결 프로그래밍 교육에서 주로 활용되는 자동평가시스템에서는 학습자가 제출한 프로그램의 정확성, 유용성, 효율성 등을 실시간으로 확인할 수 있기 때문에 학습자 스스로 본인의 수준을 객관적으로 진단할 기회가 많다[21]. 따라서 문제해결 프로그래밍 교육에서 자기보고식 설문은 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 훌륭한 대안이 될 수 있을 것이다. 하지만 하나의 검사 도구에 제한을 두기 보다는 다양한 평가 도구를 통해 다각적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

6.2 제언

본 연구를 통하여 컴퓨팅 사고력을 평가할 수 있는 지필형 검사지와 자기보고식 설문지를 개발하였다. 하지만 컴퓨팅 사고력을 신뢰롭고 타당하게 평가하기 위한 평가 도구 개발에 대한 지속적인 개선 연구가 필요하다. 이를 바탕으로 향후 연구를 위해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구에서는 교원양성대학의 컴퓨터교육과 학생 27명을 대상으로 하였다. 연구의 진행상 다양한 지역의 많은 피험자를 확보하지 못했다는 점은 본 연구의 결과를 일반화하기에 어려운 점이 있음을 의미한다.

둘째, 본 연구에서 개발된 평가 도구는 성인 학습자인 예비교원을 대상으로 개발하였다. 따라서 인지 능력이 아직 성숙하지 못한 초, 중, 고등학생을 대상으로 일반화할 때에는 주의하여야 한다.

셋째, 본 연구는 문제해결 프로그래밍의 관점에서만 컴퓨팅 사고력을 정의하고 평가 도구를 개발하였다. 즉, 이 연구의 결과는 문제해결 프로그래밍 교육에 한정된 것이며, 다른 영역으로 확대하여 평가하기에 한계가 있다. 본 연구방법과 절차를 토대로 다른 영역의 컴퓨팅 사고력을 평가할 수 있는 평가 도구도 다양하게 개발이 되면 좋을 것이다.

넷째, 본 연구에서 개발된 컴퓨팅 사고력 평가 도구가 학생들의 실제 능력을 얼마나 타당하게 검사하는지 다른 평가 도구들과 비교해 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 지필형 검사지와 자기보고식 설

문지를 비교하여 타당도를 검증하였지만 타당도를 인정받은 다른 평가 도구와의 비교를 통해서도 본 연구에서 개발한 평가 도구의 타당도를 검증할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김자미 (2017). 컴퓨팅 사고력 기반의 문제해결능력. **정보처리학회지**, 24(2), 13-21.
- [2] 최형신 (2018). 소프트웨어 프로그래밍교육을 통한 컴퓨팅 사고력 개발에 관한 국내 연구 고찰. **교육공학연구**, 34(3), 743-774.
- [3] 유승욱 (2008). 초·중등 정보교과 교육과정에 교육용프로그래밍언어의 적용. 박사학위논문. 고려대학교 대학원.
- [4] 오경선·안성진 (2015). 프로그래밍이 어려운 이유와 컴퓨팅사고력간의 관계성 연구. **컴퓨터교육학회 논문지**, 18(5), 55-62.
- [5] 장원영·김성식 (2017). 정보 교육에서 프로그래밍(알고리즘) 자동평가 시스템의 활용 가능성에 대한 고찰. **컴퓨터교육학회 논문지**, 20(1), 13-26.
- [6] 교육부 (2015). 2015 개정 교육과정 총론. 교육부 고시
- [7] 최정원 외. (2015). Track 1 컴퓨터 교과교육 : 2015 개정 정보 교과 교육과정에서 학습자의 컴퓨팅 사고력 평가 방안에 대한 제언. **한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집**, 19(2), 9-12.
- [8] 노지에·이정민 (2018). 로봇 활용 SW 교육에서 컴퓨팅사고력 평가: 지필 시험, 비버챌린지, 자기보고식 설문을 중심으로. **교육공학연구**, 34(3), 849-876.
- [9] 최형신·김기범 (2015). 스크래치 프로그래밍이 예비교사에게 미치는 영향 : 컴퓨팅 사고 및 블룸의 텍사노미 활용 평가. **정보교육학회 논문지**, 19(2), 225-232.
- [10] 최형신·김미송 (2017). 컴퓨팅 사고력 평가를 위한 3가지 상호보완적 접근 방안. **정보교육학회논문지**, 21(6), 639-646.
- [11] 김은지·이태욱 (2018b). 컴퓨팅 사고력 평가 도구로써 자기보고식 설문과 비버 챌린지 간의 상관관계. **한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집**, 26(1), 113-116.

- [12] Wing. J. M. (2006). Computational Thinking. *Communication of the ACM*, 19(3)m 33-35.
- [13] 한국과학창의재단 (2014). 초중등 단계 Computational Thinking 도입을 위한 기초 연구.
- [14] 강승우 (2018). 공감 단계를 적용한 CT기반 문제해결 수업이 학생의 학습태도에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- [15] 전현석 외. (2016). 문제해결을 위한 창의적 알고리즘(초급). 한국정보화진흥원.
- [16] 김은지 · 이태욱 (2018a). 컴퓨팅 사고력 평가 도구로써 비버 챌린지 문항 분석: 문항반응이론을 기반으로. *한국컴퓨터교육학회 학술 발표대회논문집*, 22(1), 107-110.
- [17] 정응열 · 이영준 (2017). 정보 교육에서 비버 챌린지(Bebras challenge)의 활용 가능성과 향후 과제. *컴퓨터교육학회 논문지*, 20(5), 1-14.
- [18] ICTE & CSTA(2011). *Computational Thinking Leadership toolkit 1st edition*. <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/471.11CTLeadershipToolkit-SP-vF.pdf>
- [19] 엄명용 · 조성우 (2005). *사회복지실천과 척도 개발*. 서울: 학지사.
- [20] 배호순 · 한국교육평가학회 · 한국교육평가센터 (2004). *교육평가 용어사전*. 서울: 학지사.
- [21] 김성식 · 오소희 · 정상수 (2018). 자료구조 수업에서 온라인 자동평가용 문제해결 프로그래밍 문제은행 개발 및 적용. *컴퓨터교육학회 논문지*, 21(4), 11-20.
- [22] 김한성 · 전수진 (2017). SW교육 평가 방법의 적합성 및 현장 유용성에 대한 초등교사 인식 분석. *정보교육학회논문지*, 21(3), 267-275.



김 성 식

1994 고려대학교
경영학과(경영학사)
1977~1991 교육부 및
교육정책자문위원회 근무
1988 미국오리곤주립대학교 대학원

컴퓨터학과(이학석사)
1992 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)
1992~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야: 교육용 콘텐츠, 알고리즘, 원격교육
E-Mail: seongkim@knue.ac.kr



김 영 직

1997 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2007 고려대학교 대학원
소프트웨어공학(공학석사)
2017~ 현재 한국교원대학교 컴퓨터교육학과
박사과정
관심분야: 프로그래밍 교육, 소프트웨어 공학
E-Mail: capbang93@gmail.com



조 아 라

2012 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2019 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)
2019~ 현재 창원 자여초등학교 교사
관심분야: 소프트웨어 교육, 컴퓨팅 사고력
E-Mail: araayo@naver.com



이 민 우

2007 청주교육대학교
사회과교육과(교육학학사)
2018~현재 한국교원대학교
컴퓨터교육과 석사과정
관심분야: 소프트웨어 교육, 메이커 교육
E-Mail: rhddlr01@gmail.com