

초등정보영재 교육을 위한 퍼즐 기반 학습 가능성 탐색

최정원[†] · 이은경^{††} · 이영준^{†††}

요 약

컴퓨팅적 사고(Computational Thinking)는 실세계와 다양한 학문 분야에 적용될 수 있는 보편적 문제 해결 능력으로 컴퓨터 과학 분야의 핵심역량이자 미래 인재가 필수적으로 갖추어야 할 소양이다. 컴퓨팅적 사고는 문제를 분석하고 문제 해결에 적합한 컴퓨팅 원리 및 전략들을 선택, 적용하는 경험을 통해 증진될 수 있다. 본 연구에서는 학습자에게 컴퓨팅적 사고를 기반으로 한 문제 해결 경험을 제공하기 위한 퍼즐 기반 학습을 설계하고 초등정보영재 교육에서의 적용 가능성을 탐색하였다. 학습에 활용된 퍼즐 문항들은 학습자 수준에 맞게 구성된 서술형 퍼즐로 제약조건, 최적화, 확률, 통계, 패턴인식, 전략의 6가지 유형으로 분류된다. 퍼즐 기반 학습을 초등학교 6학년 영재학급에 적용한 결과, 학습자의 컴퓨팅적 사고 및 문제해결성향에 긍정적인 영향을 준 것을 확인하였다. 이는 컴퓨팅적 문제 해결 원리를 포함한 퍼즐 해결 경험이 흥미와 통찰을 유도하고, 실세계와 유사한 다양한 문제 해결 경험을 제공하기 때문인 것으로 판단된다.

주제어 : 퍼즐 기반 학습, 컴퓨팅적 사고, 문제해결성향, 초등정보영재

Studying the Possibility of Puzzle Based Learning for Informatics Gifted Elementary Student Education

JeongWon Choi[†] · Eunkyoung Lee^{††} · YoungJun Lee^{†††}

ABSTRACT

Computational thinking is an ability to resolve problems that may be applied to the various real world problems and is regarded as the core of computer science. Computational thinking may be improved through experiences of analyzing problems and of selecting, applying, and modeling strategies appropriate for problem-solving. In order to enhance computational thinking of learners, it is important to provide experiences of solving various problems. This study designed puzzle based learning in order to educate learners principles of problem solving, let them have experiences of interest and insight, and provide them with problem solving experiences. The puzzle questions used for learning were classified into six types - constraints, optimization, probability, statistics, pattern recognition, and strategies. These questions were applied to Informatics gifted elementary students and, after their education, their computational thinking and problem solving inventory significantly improved.

Keywords : Puzzle Based Learning, Computational Thinking, Problem Solving Inventory, Informatics Gifted Elementary Students

[†] 종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정

^{††} 종신회원: 한국교육과정평가원 부연구위원

^{†††} 종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)

논문접수: 2013년 06월 28일, 심사완료: 2013년 09월 20일, 게재확정: 2013년 09월 26일

* 이 논문은 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A4A01019396)

1. 서 론

컴퓨팅적 사고(Computational Thinking) 능력은 컴퓨터 과학 분야의 핵심역량으로써 일상생활의 복잡한 문제를 효과적으로 해결하는데 필요한 사고 능력이다[1][2]. Wing(2006)은 이 능력을 컴퓨터 과학의 기본 개념과 원리를 통해 문제 해결을 돕고, 시스템을 설계하며, 인간 행동의 이해를 위한 사고로 정의하면서 21세기를 살아가는 모든 사람이 갖추어야 할 기본적인 역량이라고 하였다. 컴퓨팅적 사고 능력은 생명공학에서 인간 게놈 분석, 뇌과학에서의 데이터 분석, 기상학에서 효율적이고 정확한 날씨 분석 등의 전문적인 분야에서 뿐 아니라, 일상생활에서의 신용카드 사용, 마트에서 물건 계산 혹은 물품 관리의 최적화, 음악, 여행 등의 취미생활까지 다양한 학문 분야나 우리 주변 곳곳에서 요구되고 있으며, 이는 컴퓨팅적 사고 능력이 현대 사회에서는 반드시 필요한 것임을 의미한다[1].

이렇듯 컴퓨팅적 사고 능력은 21세기를 살아가는 데 반드시 갖추어야 할 문제해결 역량과 직결되는 능력으로 학습자가 필수적으로 학습해야 한다[3][4]. 컴퓨팅적 사고 능력은 문제를 분석함으로써 해결해야 할 핵심을 파악하고 문제 해결에 필요로 하는 적합한 컴퓨터과학 원리를 활용한 전략들을 선택한 후, 문제 해결 과정을 모델링하는 경험을 통해 증진될 수 있다. 따라서 학습자들에게 다양한 형태의 문제 해결 경험을 제공함으로써 컴퓨팅적 사고를 향상시킬 수 있도록 해야 한다.

퍼즐은 컴퓨팅적 사고를 향상시키기에 적합 도구라 할 수 있다. 특히 서술형 퍼즐의 경우 실생활과 유사한 문제 상황을 제시할 수 있고, 퍼즐 해결 과정에 컴퓨팅적 사고의 기본 원리인 문제 해결 원리를 포함하고 있어 다양한 문제 해결 경험을 제공할 수 있다는 장점을 가진다. 또한 퍼즐 해결 과정을 통해 컴퓨팅적 사고의 핵심 요소인 추상화와 자동화 중 추상화에 집중할 수 있으며, 보편성, 단순성, '아하'현상, 흥미라는 특성을 가진다. 퍼즐의 이러한 특성과 장점은 학습자의 흥미를 유발하고 수업에 참여를 이끌어 내며 학습의 효과를 높일 수 있다[5][6].

퍼즐은 사람들에게 학문적인 의미보다는 주로

흥미 있는 놀이로 인식된다. 그러나 퍼즐은 흥미 요소를 가질 뿐 아니라 퍼즐을 해결해 가는 과정에서 언어적 이해, 다양한 원리, 해결을 위한 모델링 과정 등을 요구하기 때문에 학습에 도입될 수 있는 가능성이 대두되기 시작하였다. 초기에는 주로 크로스 워드, 직소 퍼즐 등 주어진 퍼즐을 활용하여 용어나 이미지 암기, 외국어 학습을 위한 흥미 유발 및 학습 향상 도구로 사용되었다[7][8][9]. 이후 특정 퍼즐을 단순한 암기를 위한 반복학습 도구로 지속적으로 사용되었으나, 학습에 활용되는 퍼즐과 퍼즐이 활용되는 학습 분야가 점차 확대되고 있다. 최근에는 창의력, 학업성취도, 문제해결력을 향상시키기 위하여 탱그램, 펜토미노, 스토쿠, 서술형 퍼즐 등 다양한 퍼즐이 활용되고 있다[10][11].

현재 컴퓨터 과학 분야에서 활용되고 있는 퍼즐 교육은 주로 대학생을 대상으로 이루어지고 있으며, 컴퓨터 시스템 구성요소나 컴퓨터 작동 원리 등을 포함하는 컴퓨터과학 개론적 차원의 학습에서 흥미 유발을 통한 원리 학습 도구로 활용되고 있다. 또한 실제로 활용되는 컴퓨터 과학의 원리와 연관되는 퍼즐을 도입하고 학습 경험을 부여함으로써 퍼즐을 활용하지 않던 수업에 비해 학습 향상을 이끌어내고 있다[12][13]. 이는 퍼즐이 학습자들의 컴퓨터 과학 학습을 위한 흥미 유발 도구 역할 뿐 아니라 컴퓨터 과학의 기본 개념 및 원리 학습에 긍정적인 영향을 주고 있으며, 또한 컴퓨터 과학의 원리 학습을 통한 컴퓨팅적 사고 능력의 향상이 가능함을 의미한다.

초등정보영재는 다가오는 IT기반 융합시대를 이끌어갈 핵심 인재이며 이들을 대상으로 하는 교육은 미래의 핵심인력 양성의 첫 시작 단계라고 볼 수 있다. 따라서 이들에게 필수적인 능력인 컴퓨팅적 사고 능력을 향상시킬 수 있는 체계적인 교육이 이루어져야 할 필요가 있다. 현재 초등정보영재의 컴퓨팅적 사고 능력 향상을 위한 교육 방안으로 알고리즘이나 프로그래밍 교육이 이루어지고 있으나, 형식적 조작기에 해당되는 대학생이나 성인의 수준의 교육을 실시하고 있으며 그 효과 또한 검증하기 어려운 실정이다[14][15][16].

따라서 본 연구에서는 컴퓨팅적 사고 능력 향상을 위하여 초등정보영재의 수준에 맞는 퍼즐

기반 학습을 설계하고, 학습자의 컴퓨팅적 사고와 문제해결성향에 미치는 영향을 확인함으로써 초등정보영재 교육에 퍼즐 기반 학습 도입 가능성을 탐색하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 컴퓨팅적 사고

컴퓨팅적 사고의 핵심요소는 추상화와 자동화이다. 추상화는 구체적인 문제를 해결하기 위하여 문제를 분석하고 해결에 필요한 요소를 이끌어낸 후 해결 과정을 모델링 하는 것이며, 자동화는 문제의 해결과정을 알고리즘화 하는 과정이라 할 수 있다[17].

컴퓨팅적 사고는 문제 해결 과정에서 문제 상태나 제약 조건, 목표 등을 파악하는 능력, 복잡한 문제를 간소화 시켜 재정의하는 능력, 모듈화, 추상화, 문제 분해 능력, 재귀적 사고 능력, 오류 발견 및 수정 능력, 발견을 통한 추론 능력 등을 포함한다[1]. 이러한 컴퓨터 과학의 원리를 다루는 다양한 문제를 경험하도록 함으로써 컴퓨팅적 사고 능력을 기를 수 있으며, 컴퓨팅적 사고를 통해 효과적으로 문제를 해결하는 방법의 학습은 문제 해결력을 증진시킨다. 또한 컴퓨팅적 사고는 물리적이고 사회적인 현상을 바라보는 새로운 관점을 가질 수 있게 하고, 이는 문제 해결에 대한 새로운 접근을 가능하게 하여 지식을 창의적으로 생산할 수 있도록 한다[18][19]. 또한 지식의 창의적 생산은 창의적이고 혁신적인 사고 능력을 증진시킨다.

따라서 컴퓨팅적 사고에 기반한 다양한 문제 해결 경험은 실제 복잡한 문제 상황에 직면했을 때 컴퓨터 과학의 개념과 원리를 적용하여 전략을 탐색하고 효율적으로 해결하는 능력을 길러줄 수 있다.

2.2 문제해결성향

문제해결성향은 문제해결에 대해 자신이 얼마나 긍정적으로 인식하고 있는지, 문제해결에 대한 자신감을 갖고 있는지, 정서적인 통제를 잘 하고 있는지에 대해 설명해줄 수 있는 지표이며 학습

자의 문제 해결 과정이나 활동에서 평가될 수 있다[20]. 문제해결성향 수준의 향상은 문제해결능력 향상의 가능성을 높일 수 있음을 의미한다.

2.3 퍼즐 기반 학습

퍼즐은 크게 조작 퍼즐과 지필 퍼즐로 나눌 수 있다. 조작 퍼즐은 탱그램, 펜토미노와 같은 특정 도구를 활용하는 것으로 그 활용 가능한 범위가 도구에 따라 제한적이다. 지필 퍼즐은 종이에 기술된 문제에 답을 작성하는 퍼즐이며, 완성형과 서술형 퍼즐로 나눌 수 있다. 완성형 퍼즐은 스도쿠나 노노그램 등과 같이 주어진 틀을 완성하는 퍼즐이며 문제 해결의 과정이 정형화되어 있어 컴퓨팅적 사고를 촉진시키기에 제한적이다. 서술형 퍼즐은 종이에 문제가 기술되어 있는 형태이기 때문에 실생활과 유사한 다양한 문제 상황을 제시할 수 있고, 문제 해결을 위한 접근이 개방되어 있다. 본 연구에서는 도구로 인한 제약이 있거나 제한된 문제 해결 과정을 포함하는 형태의 퍼즐은 배제하고, 다양한 문제 상황을 제시할 수 있고 다양한 전략을 접목할 수 있는 서술형 퍼즐을 사용하였다.

Michalewicz와 Michalewicz(2010)에 의하면 교육용 퍼즐은 다음과 같은 특징을 갖추어야 한다[5].

첫째, 보편성으로써 교육적 퍼즐은 보편적 문제 해결 원리를 포함해야 한다. 이러한 보편적 문제 해결 전략은 미래의 새로운 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있다.

둘째, 단순성이다. 교육적 퍼즐은 말로 전달하기도 쉽고 기억하기도 쉽기 때문에 해결 방법도 기억할 확률이 증가한다는 특징을 가진다.

셋째, ‘아하’ 현상(eureka factor)을 포함한다. 이는 직관에 반하는 결과로 인해 흥미를 불러일으킬 수 있음을 의미한다. 이 통찰의 순간은 자신의 문제 해결 과정이 수정되어야 함을 인지하게 될 때 느낄 수 있기 때문에 퍼즐은 직관을 포함하면서 정답이 바로 도출되지 않는, 즉 심층적인 사고 과정을 거치는 해결 방법을 가진다.

넷째, 흥미를 포함해야 한다. 퍼즐이 흥미요소를 갖지 않으면 학생들이 흥미를 잃기 쉽기 때문에 흥미 있는 설정이 반드시 필요하다.

퍼즐은 3가지 규칙을 통해서 해결할 수 있으며 그 규칙은 다음과 같다[6].

<표 1> 퍼즐 문제 해결 규칙

규칙	문제해결방법
1	핵심 요소 추출
2	직관 배제하기
3	모델링

핵심 요소 추출은 퍼즐 문제 해결에 핵심이 되는 용어, 목적 등을 명확하게 파악하는 것을 의미한다. 만약 문제가 요구하는 최종 목표나 용어 파악이 잘못되어 있다면 문제해결과정 뿐 아니라 결과까지 오류로 이어지기 때문에 가장 먼저 수행되어야 한다.

직관 배제는 문제 해결에 있어서 직관에 의존하지 않도록 하는 규칙이다. 직관은 어려운 데이터에 접근할 때 빠르게 다양한 의사결정을 도출할 수 있는 효율적인 지름길이 될 수도 있지만, 직관이 정서적인 측면에 영향을 받거나 혼합되어 사용되기도 하기 때문에 오류를 범하기 쉽다.

모델링은 퍼즐의 핵심 요소를 파악하고 직관을 배제한 후 그 해결 과정을 구체적으로 기술하는 것을 의미한다. 모델링을 하기 위해서는 관련성이 없는 요소를 제거하고 문제 해결과정과 관련된 의미 있는 요소 즉, 변수, 제약조건, 목적 등에 대해 고려하는 것이 필요하다.

3. 연구 방법

3.1 연구 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

연구 가설 1: 퍼즐 기반 학습은 학습자의 컴퓨팅적 사고 능력을 발달시킨다.

연구 가설 2: 퍼즐 기반 학습은 학습자의 문제 해결성향을 증진시킨다.

3.2 연구 대상 및 절차

3.2.1 연구 대상

본 연구의 대상은 S 초등학교 6학년 영재학급

여학생 4명, 남학생 10명 총 14명으로 구성하였다.

3.2.2 연구 설계 및 절차

본 연구에서는 단일집단 사전·사후 검사 설계 방법을 사용하였으며 구체적인 설계 내용은 다음과 같다.

실험집단	O ₁	X ₁	O ₂
------	----------------	----------------	----------------

O1: 사전 검사(문제해결성향, 컴퓨팅적 사고)

X1: 퍼즐 기반 학습

O2: 사후 검사(문제해결성향, 컴퓨팅적 사고)

퍼즐 기반 학습 전 문제해결성향 검사지와 퍼즐 기반 컴퓨팅적 사고 문항으로 사전·사후 검사를 실시하였다. 문제해결성향과 퍼즐 기반 컴퓨팅적 사고 사전·사후 검사는 각각 10분, 30분간 이루어졌으며 사후 검사의 경우 퍼즐 기반 학습 직후 실시되었다. 퍼즐 기반 학습은 2주간 2시간씩 4회 총 8시간 동안 진행되었다. 1차시와 8차시에는 사전검사와 사후검사를 실시하였으며 나머지 6차시 동안 퍼즐 기반 학습을 진행하였다.

3.3 자료 수집 및 분석

3.3.1 컴퓨팅적 사고

컴퓨팅적 사고는 Michalewicz와 Michalewicz(2010)가 수집한 문항 중에서 문제의 축소, 삽입, 변환, 예측, 모듈화 능력, 스케줄링, 전략 등의 컴퓨터 과학적 원리를 활용하는 컴퓨팅적 사고를 통한 문제 해결 경험이 가능한 제약조건, 최적화, 확률, 통계, 패턴인식, 전략 6가지 유형에 해당하는 퍼즐 각 1문항씩 총 6문항을 선정하여 초등학교 정보영재의 수준에 맞게 재구성한 후 사전·사후 검사로 활용하였다[6]. 각 문항에 대해서 학생들이 풀이과정과 정답을 기술하도록 하였으며, 문제해결과정과 정답이 정확할 때는 1점을, 문제해결과정이 50%이상 작성되고 그 과정이 올바를 때 0.5점을 부여하였다. 나머지는 0점으로 처리하였다. 컴퓨팅적 사고 측정을 위한 퍼즐 문항은 <표 2>와 같다.

<표 2> 퍼즐 문항 구성

	퍼즐 문제 유형	주제
1	제약조건	집주인 정하기
2	최적화	다리 건너기
3	확률	물고기 잡기
4	통계	암컷과 수컷
5	패턴인식	토끼 기르기
6	전략	조약돌

3.3.2 문제해결성향

문제해결성향 검사지는 Hepper와 Petersen(1982)이 개발한 PSI(Problem Solving Inventory)를 번안한 후 5점 평정 척도로 구성하여 사용하였다[20]. 문제해결성향 검사지는 총 32문항으로 구성되며 ‘자신감’, ‘접근회피양식’, ‘자기통제’의 세 가지 하위요소를 가진다. 세부 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 문제해결성향 검사지 하위요소

하위요소	문항수
자신감	11
접근회피양식	16
자기통제	5
계	32

‘자신감’ 요소의 경우는 11문항으로 문제 해결 활동에 참여하는 것에 대한 자신감을 평가하기 위한 것이며 ‘접근회피양식’은 16문항으로 다양한 문제 해결 활동 시 문제에 접근하거나 회피하고자 하는 개인의 의지를 알아보고자 한 것이다. 세 번째 요소인 ‘자기통제’는 5개 문항이며 문제해결 과정에서 자기 자신의 정서적인 측면을 통제하고자 하는 것을 확인하기 위한 부분이다. 본 연구에서 검사지 신뢰도는 Cronbach 알파 값이 .948로 양호하게 나타났다.

4. 퍼즐 기반 학습 설계

4.1 퍼즐 문항 구성

학습 활동에 활용한 퍼즐은 Michalewicz와 Michalewicz(2010)가 수집한 문항들 중 컴퓨터 과학의 원리를 활용한 문제 해결이 가능한 6가지 유형별 기초와 심화 2-3개 문항으로 구성하였다[6].

퍼즐 유형별로 해당 유형에 적합한 컴퓨터 과학의 원리를 반드시 포함하도록 하였고 추가적으로 필요에 따라 다양한 원리를 포함하여 활용할 수 있도록 하였다.

제약 조건은 컴퓨터 과학의 if-then 원리를 도입할 수 있는 영역이며 최적화는 효율적인 문제 해결이라는 컴퓨팅적 사고가 추구하는 핵심을 궁극적인 목표로 초기 모델링을 수정·디버깅이 포함되는 사고 원리를 반영한 유형이다. 확률과 통계 또한 효율적인 문제 해결을 추구하는 과정에서 합리적인 선택을 위한 추론이라는 컴퓨터 과학적 원리를 반영하였다. 패턴인식 유형은 모듈화에 초점을 두고 분해된 문제의 부분들의 상태를 파악하는 원리에 초점을 두었다. 전략은 퍼즐의 답을 구하는 과정에서 막연하면서도 복잡한 문제를 점차 간소화시키고 재정의하는 원리를 학습하도록 하였다.

지금까지 퍼즐 기반 학습은 문제해결 과정에서 필요로 하는 수학적 원리의 수준이 높아 주로 대학생을 중심으로 이루어져왔으며 어린 학생에게는 적용하기 어렵다는 단점이 있었다[18][21][22]. 따라서 본 연구에서는 컴퓨팅적 사고 능력을 향상시키기 위한 원리를 학습하는 데 초점을 두기 위해 수학적 원리를 최소화하고자 하였으며, 필요한 경우에 초등학교 수학교육과정에 맞추어 난이도를 조절한 문항을 선정하였으며 문항의 용어 사용 수준이 적절하도록 구성하였다. 구성된 문항은 초등교사와 초등교육 석사학위 이상, 영재교육 전문가 총 5인의 검토를 거쳐 수정·보완하였다.

4.2 퍼즐 기반 학습 설계

수업은 퍼즐 문제 해결 3가지 원리인 ‘문제의 핵심 요소 추출’, ‘직관 배제하기’, ‘모델링’을 익히는 과정과 이 과정을 활용하여 컴퓨팅적 사고 능력을 향상시키기 위한 6가지 유형의 퍼즐을 학습하는 활동으로 구성된다. 6가지 유형의 퍼즐에는 컴퓨터 과학의 원리를 포함하도록 하여 컴퓨팅적 사고의 핵심인 추상화에 집중할 수 있도록 함으로써 컴퓨팅적 사고를 향상시킬 수 있도록 하였다. 퍼즐 문제 해결 규칙을 익히는 과정은 사전 검사 후 퍼즐 기반 학습이 시작되기 직전 1시간

동안 실시하였다.

학습 활동은 퍼즐의 6가지 유형별로 한 차시씩 학습하도록 진행하였다. 퍼즐 유형별로 기초문항과 심화문항을 합하여 2-3문항씩 제시하고 교사의 해설 전에 학생들이 스스로 문제를 해결하도록 하였으며, 문제 해결과정 전반에 대해 삭제 없이 서술하도록 하였다. 이후 학생들의 풀이 과정과 결과를 논의하도록 하였으며 마지막에 교사가 퍼즐의 해법을 설명하는 과정을 거쳤다. 예를 들면, 제약 조건 유형의 경우 학습자가 조건에 따라 해답에 근접할 수 있는 다양한 방법을 하나씩 수행하는 과정에서 백트래킹을 사용함으로써 적절한 해결책을 찾도록 하였다.

<표 4> 차시별 퍼즐 기반 학습 내용

차시	차시별 내용	세부 내용
1	사전검사 및 퍼즐 소개	문제 해결 성향 컴퓨팅적 사고 퍼즐 문제 해결 원리
2	제약조건	3문항
3	최적화	3문항
4	확률	2문항
5	통계	2문항
6	패턴인식	3문항
7	전략	2문항
8	사후검사	문제 해결 성향 컴퓨팅적 사고

5. 연구 결과 및 논의

5.1 컴퓨팅적 사고 능력

컴퓨팅적 사고 능력 향상을 알아본 결과는 <표 5>와 같으며 사전 검사보다 사후 검사에서 점수가 높게 나타났다. 컴퓨팅적 사고 능력이 향상되었는지를 알아보기 위해서 사전-사후 검사 결과 간 평균 점수의 차이를 통계적으로 검증하였으며 이를 위해 대응표본 t-검증을 실시하였다. 그 결과 평균 점수가 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인하였다($p < .05$). 이는 퍼즐 기반 학습이 컴퓨팅적 사고 능력 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단할 수 있다.

문항별로 살펴보면, 퍼즐의 6가지 세부 유형 모두 평균이 증가했다. 그 중 제약조건 유형의 점수가 가장 많이 향상되었으며 전략 문항의 향상이 가장 낮게 나타났다. 통계적으로 유의한 향상이

나타난 유형은 제약조건과 패턴인식이었다. 제약 조건과 패턴인식의 경우들은 다른 유형에 비해 쉽게 학습할 수 있었음을 의미하며, 다른 유형의 내용들은 더 많은 예제를 통한 학습으로 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

<표 5> 문항별 사전·사후 컴퓨팅적 사고 능력의 대응표본 t-test 결과

퍼즐 유형	표본수	사전 컴퓨팅적 사고 능력 - 사후 컴퓨팅적 사고 능력				
		평균	표준 편차	t	df	p
제약조건	14	-.46	.41	-4.192	13	.001
최적화	14	-.07	.47	-.563	13	.583
확률	14	-.14	.53	-1.000	13	.336
통계	14	-.18	.37	-1.794	13	.096
패턴인식	14	-.32	.42	-2.857	13	.013
전략	14	-.04	.50	-.268	13	.793
총점	14	-.20	.19	-3.919	13	.002

5.2 문제해결성향

문제해결성향을 분석한 결과는 <표 6>과 같다. 사전검사에 비해 사후 검사에서의 점수가 높아진 것을 알 수 있으며 통계적으로 유의한 차이가 있음을 보이고 있다($p < .05$). 또한 문제해결성향의 하위요소별로 분석한 결과 세 가지 하위요소 모두 평균 점수가 향상되었다. 통계적으로 유의한지를 확인한 결과 ‘자신감’ 요소와 ‘접근회피 양식’ 요소는 평균점수에서 유의한 차이가 있음($p < .05$)을 확인하였다. 이는 퍼즐 기반 학습이 학생의 문제해결성향에 긍정적인 영향을 준다는 것을 의미한다.

<표 6> 하위요소별 사전·사후 문제해결성향의 대응표본 t-test 결과

사전 문제해결성향 - 사후 문제해결성향						
하위 요소	표본수	평균	표준 편차	t	df	p
자신감	14	-.39	.59	-2.442	13	.030
접근회피양식	14	-.29	.41	-2.577	13	.023
자기 통제	14	-.14	.69	-.774	13	.453
총점	14	-.30	.37	-3.032	13	.010

6. 결 론

본 연구에서는 퍼즐 기반 학습을 설계하고 이를 초등학교 정보영재학급 6학년 학생을 대상으로 적용함으로써 초등정보영재의 컴퓨팅적 사고 능력 향상을 위한 퍼즐 기반 학습 도입 가능성을 탐색하였다.

퍼즐 기반 학습은 초등학교 6학년 정보영재 14명을 대상으로 8차시 동안 이루어졌다. 학습은 퍼즐 문제 해결을 위한 3가지 규칙인 ‘문제의 핵심 요소 추출’, ‘직관 배제하기’, ‘모델링’의 과정 및 적용 방법론을 익히고, 해당 방법론을 적용하여 각 유형의 퍼즐 문제를 해결하게 하는 과정으로 구성되었다.

퍼즐 과제의 사전, 사후 검사 결과, 학습자의 퍼즐 과제 해결을 통한 컴퓨팅적 사고 능력은 유의하게 향상(평균차=.20, $p=.002$)된 것을 확인하였다. 특히, 하위 유형 중, 제약조건(평균차=.46, $p=.001$) 및 패턴인식(평균차=.32, $p=.013$) 문항에서 유의한 차이를 드러냈다. 제약조건과 패턴인식 유형 문제에서 단시간에 3문항 정도의 학습만으로도 향상을 보였다는 것은, 컴퓨팅적 사고 능력 향상을 위한 퍼즐 기반 학습의 도입 가능성을 보여준 것이라고 할 수 있다. 최적화, 확률, 통계, 전략과 같은 다른 유형의 경우, 유의한 차이를 드러내지 않은 것은 해당 유형의 문항들이 제약조건이나 패턴인식 문항에 비해 상대적으로 학습이 어려워, 조금 더 많은 예제를 통한 학습이 필요하다고 판단된다.

학습자의 문제 해결에 관한 정의적 접근 양식을 살펴보기 위한 문제해결성향 검사 결과, 퍼즐 기반 학습 이후, 학습자의 문제해결성향은 유의하게 향상(평균차=.30, $p=.010$)된 것을 확인하였다. 특히, 하위 요인 중 자기통제 요인을 제외한 자신감(평균차=.39, $p=.030$), 접근회피양식(평균차=.29, $p=.023$) 요인에서 유의한 차이를 보였다. 이는 퍼즐 문제 해결 경험을 통해 문제 해결에 대한 자신감이 향상되고 문제 해결에 접근하고자 하는 개인의 의지 또한 향상된 것을 의미한다.

퍼즐 기반 학습과 관련된 선행 연구들은 주로 대학생의 문제해결, 수학, 비판적 사고 능력 향상을 위해 활용되어 왔다. 본 연구에서는 퍼즐 기반

학습을 초등학교 정보영재 학생들을 대상으로 적용함으로써 퍼즐 기반 학습이 보다 어린 학습자의 컴퓨팅적 사고 능력 향상을 위해 활용될 수 있는 가능성을 보여주었다. 그러나 컴퓨팅적 사고 및 문제해결성향 모두 통계적으로 유의한 향상을 보였음에도 불구하고, 학습자의 퍼즐 과제 성취 수준은 낮게 나타났다. 따라서 후속 연구를 통해 학습자의 퍼즐 해결 과정을 단계적으로 확인하고 학습자의 문제 해결 접근 방법 및 문제 해결을 위해 요구되는 지식을 분석할 필요가 있다. 분석 결과를 토대로 컴퓨팅적 사고를 향상시킬 수 있는 다양한 퍼즐을 개발하고 퍼즐 과제 난이도에 따른 과제의 위계를 구성하며, 과제 해결을 위해 요구되는 피드백, 스캐폴딩을 적시에 투입할 수 있는 학습 환경 구축을 통해 초등정보영재를 위한 학습이 체계적으로 이루어질 수 있도록 교육 과정을 구성할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of ACM*, 49(3), 33-35
- [2] 이영준 · 이은경 (2008). 정보교육의 본질과 전망. *컴퓨터교육학회논문지*, 11(3), 1-11.
- [3] Partnership for 21st century skills (2011). Framework for 21st century learning. Retrieved from <http://www.p21.org/overview/skills-framework>.
- [4] 허희옥 (2011). 21세기 학습자 및 교수자 역량 모델링. 한국교육학술정보원.
- [5] Michalewicz, Z., & Michalewicz, M. (2008). Puzzle based learning. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 6(2), 415-420.
- [6] Michalewicz, Z., & Michalewicz, M. (2010). *Puzzle Based Learning: Introduction to critical thinking, mathematics, and problem solving*. Melbourne, vic., Australia: Hybrid Publishers.
- [7] Carter, T. P. (1974). Crossword puzzles in the foreign language classroom. *The Modern language Journal*, 58(3), pp.112-115.
- [8] Thomas, U. (1979). The crossword puzzle: An aid to learning, *Unterrichtspraxis*, 12(1), pp.79-86.

[9] 박수자·정순영 (2003) 크로스워드 퍼즐게임을 기반으로 하는 어휘학습 코스웨어 저작도구, *컴퓨터교육학회논문지*, 6(2), 157-164.

[10] Crute, T. D. and Myers, S. A. (2007). Sudoku puzzles as chemistry learning tools. *Journal of Chemical Education*, 84(4), pp.612-613.

[11] Kang, D. K. (2010). A Case study of puzzle solving applied to programming practice, *공학교육연구*, 13(2), 3-6.

[12] Merrick, K. E. (2010). An empirical evaluation of Puzzle-Based Learning as an interest approach for teaching introductory computer science. *IEEE Transactions on Education*, 53(4), 677-680.

[13] Parhami, B. (2009). Motivating computer engineering freshmen through mathematical and logical puzzle. *IEEE Transactions on Education*, 52(3), 360-364.

[14] 이해경·강홍식 (2004). 초등 정보영재교육 현황에 관한 연구. *인재논총*, 19(1), 479-502.

[15] 이재호·오현중 (2009). 초등정보과학영재를 위한 알고리즘 교육내용의 설계 및 검증. *영재교육연구*, 19(2), 353-380.

[16] 전우천 (2010). 초등정보영재 교육과정의 현황 및 개선방안 연구. *영재교육연구*, 20(1), 347-368.

[17] Wing, J. M. (2011). Research Notebook: Computational Thinking-what and why? Paper presented at the CS Workshop of CSTA, Carnegie Mellon University.

[18] Perkovic, L., & Settle, A. (2010). *Computational Thinking across the curriculum: A conceptual framework*, Technical Reports.

[19] Phillips, P. (2008). *Computational Thinking: A problem-solving tool for every classroom*. Retrieved from http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/ct_pat_phillips.ppt.

[20] Hepper, P. P., & Petersen, C. H. (1982). The development and implications of a personal problem-solving inventory. *Journal of Counseling Psychology*, 29(1), 66-75.

[21] Levitin, A., & Papalaskari, M. (2002). A using puzzles in teaching algorithm. *Proceedings of the 33rd SIGCSE technical*

symposium on Computer science education, Covington, Kentucky, USA, 292-296.

[22] Falkner, N., Sooriamurthi, R. & Michalewicz, Z. (2009). Puzzle-Based Learning: The first experiences. *Proceedings of the 2009 AaeE Conference, Adelaide, Australia*, 138-144.



최정원

2003 충북대학교
컴퓨터과학과(이학사)
2012 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
관심분야: 정보영재교육, 퍼즐기반학습, 학습과학, 융합교육

E-Mail: cjw0829@daum.net



이은경

1994 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2005 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

2009 한국교원대학교 컴퓨터교육과(교육학박사)
현재 한국교육과정평가원 부연구위원
관심분야: 컴퓨터교육, 학습과학

E-Mail: ekleee76@kice.re.kr



이영준

1988 고려대학교
전산과학과(이학사)
1994 미국 미네소타대학교
(전산학 Ph.D.)

현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야: 정보통신교육, 지능형시스템, 학습과학
E-Mail: yjlee@knue.ac.kr