

퍼즐 기반 학습에서 초등정보영재의 컴퓨팅적 문제 해결 접근법 분석

이은경*, 최정원**, 이영준**

The Analysis of Informatics Gifted Elementary Students' Computational Problem Solving Approaches in Puzzle-Based Learning

Eunkyong Lee *, JeongWon Choi **, Youngjun Lee **

요약

본 연구에서는 퍼즐 기반 학습에서 이루어지는 초등정보영재의 컴퓨팅적 문제 해결 접근법을 분석함으로써 퍼즐 기반 학습의 체계적 개선을 위한 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해, 제약조건, 최적화, 확률, 통계, 패턴인식, 전략의 6가지 유형별 교육용 퍼즐을 구성하고 초등정보영재를 대상으로 퍼즐 기반 학습을 수행하였다. 또한 각 퍼즐 유형에 따른 학습자의 문제 해결 접근법을 확인하기 위해 사전-사후검사 결과의 정답률 및 정답자와 오답자의 문제 해결 접근법을 비교분석하였다. 연구 결과, 각 퍼즐 유형별 빈번한 오류 발생의 원인인 몇 가지 양식 오류와 다양한 직관들을 확인하였으며, 오답자들은 '백트래킹', '동적 프로그래밍', '추상화', '모델링', '문제 축소'와 같은 컴퓨팅적 전략을 적용하지 못함으로 인해 완전한 해법에 도달하지 못한다는 것을 확인하였다. 이러한 분석 결과를 토대로 퍼즐 문제 표현 방식의 개선, 인지적 피드백의 적시 제공, 퍼즐 기반 학습 지원을 위한 웹 기반 시스템 개발 등 퍼즐 기반 학습 개선 방안을 제안하였다.

▶ Keywords : 퍼즐 기반 학습, 컴퓨팅적 사고, 정보영재교육

Abstract

The purpose of this study is to propose strategies of puzzle-based learning for Informatics gifted education through analyzing Informatics gifted elementary students' computational problem solving approaches in puzzle-based learning contexts. Six types of educational puzzles, which are constraints, optimization, probability, statistically speaking, pattern recognition, and strategy,

•제1저자 : 이은경 •교신저자 : 이영준

•투고일 : 2013. 10. 05, 심사일 : 2013. 11. 03, 게재확정일 : 2013. 12. 24

* 한국교육과정평가원(Korea Institute for Curriculum and Evaluation)

** 한국교원대학교 컴퓨터교육과(Dept. of Computer Education, Korea National University of Education)

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

were used in teaching 14 Informatics gifted students for 8 sessions. The results of pre and post test and each students' answers were analyzed to identify why students were not able to solve the puzzles. We also analysed what essential computational strategies are needed to solve each type of puzzles, and what students did not know in solving puzzle problems. We identified some problems caused by puzzle representation methods, and various students' intuitions that disturb puzzle solving. Also, we identified essential computational strategies to solve puzzles: backtracking, dynamic programming, abstraction, modeling, and reduction of big problem. However, students had difficulties in applying these strategies to solve their puzzle problems. We proposed the revised puzzle-based learning strategies, which is based on the improved problem representation, just-in-time cognitive feedbacks, and web-based learning system.

▶ Keywords : Puzzle-Based Learning, Computational Thinking, Informatics Gifted Education

I. 서 론

컴퓨팅적 사고(CT: Computational Thinking)는 21세기의 모든 학습자가 갖추어야 할 핵심 역량으로 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리에 기반한 문제 해결, 시스템 설계, 인간 행동의 이해를 포함한다[1][2]. 최근 컴퓨팅적 사고는 미래 인재가 갖추어야 할 기본 소양으로 간주되고 있으며[3][4][5], 미국의 컴퓨터과학 교육과정[6], 영국의 컴퓨팅(Computing) 교육과정의 핵심 역량으로 제시되고 있다[7].

국내의 경우, 초등정보영재의 컴퓨팅적 사고 증진을 위해 알고리즘 또는 프로그래밍 교육이 일부 이루어지고 있으나 체계적인 정보영재 교육과정 및 프로그램의 부재로 인해 학습자 발달 수준 및 영재의 특성에 맞지 않는 교육내용을 다루고 있으며 교육적 효과 검증 또한 어려운 실정이다[8].

초등영재의 컴퓨팅적 사고 향상을 위한 교육적 접근은 컴퓨팅적 전략을 활용한 다양한 문제 해결 경험을 제공함으로써 개선될 수 있으며[9], 교육용 퍼즐을 활용한 퍼즐 기반 학습은 학습에 관한 흥미와 내적 동기를 유발할 뿐 아니라, 학습자들이 문제 해결을 위해 보편적으로 적용 가능한 컴퓨팅적 전략들을 다양한 문제 상황에 적용해 볼 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

퍼즐 활용 학습의 초기 연구들은 퍼즐을 활용하여 언어나 특정 지식을 반복적으로 암기시키기 위한 목적으로 이루어졌

으나[10][11], 최근에는 창의력, 문제해결력 및 수학, 공학 또는 컴퓨터과학 분야의 문제 해결 원리 학습을 위한 연구들을 통해 퍼즐 활용의 긍정적 학습 효과를 제시하고 있다[12][13][14][15].

본 연구에서는 초등정보영재의 컴퓨팅적 사고 향상을 위한 보다 실용적이고 효과적인 퍼즐 기반 학습을 설계하기 위해 학습자 발달 단계 및 특성, 사회문화적 배경에 맞는 교육용 퍼즐의 개발, 교수 학습 지원 전략의 개발을 위한 근거를 수집하고자 한다. 즉, 다양한 유형의 퍼즐 문제 해결을 위해 실제 초등정보영재들은 어떻게 접근하는지, 어떤 오류를 발생시키는지, 왜 완전한 해법에 도달하지 못하는지, 어떤 컴퓨팅적 전략을 적용하는지, 또는 적용하지 못하는지 등 보다 실제적이고 구체적인 학습자 상태를 파악하고 퍼즐 기반 학습의 체계적 개선을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 이러한 설계 기반 연구(DBR: Design Based Research) 방법론적 접근은 이론적으로 설정한 교수 학습 모델의 반복적 현장 적용을 통한 체계적 개선 방안으로 보다 실용적이며 일반화 가능한 교수 학습 모델을 생성한다는 점에서 학교교육 개선을 위한 가장 유용한 연구 방법론이라고 할 수 있으며[16], 특히, 초등정보영재에게 처음 도입되는 퍼즐 기반 학습의 체계적 개선을 위해 유용하게 활용될 수 있다.

II. 관련 연구

1. 퍼즐 기반 학습

실세계의 복잡한 문제 해결 능력 향상을 위해 학습자들에게 실세계와 유사한 문제 해결 경험을 제공하는 것이 중요하다. 이러한 측면에서, 교육적이고 흥미로우며 사고 촉진적인 퍼즐은 학습자의 문제 해결 능력 증진을 위해 유용하게 활용될 수 있다[17]. 특히, 서술형 퍼즐은 문제 상황 기술의 개방성으로 인해 특정 도구를 사용해야 하는 조작 퍼즐(예를 들어, 탱그램, 펜토미노 등)이나 주어진 틀과 조건에 맞게 빈 칸을 완성해나가는 완성형 퍼즐(예를 들어, 스도쿠, 노노그램 등)에 비해 실생활과 근접한 다양한 문제 상황을 쉽게 제시할 수 있을 뿐 아니라, 학습자의 발달 수준과 사회문화적 배경에 근접한 문제 상황 제시, 난이도 조절 등이 가능하다[9].

Flakner 외(2009) 및 Michalewicz와 Michalewicz(2010)는 퍼즐 기반 학습을 위한 교육용 퍼즐이 갖추어야 할 조건을 다음 5가지로 제시하였다[17][18].

(1) 독립성(Independence): 교육용 퍼즐은 특정 학문 분야의 문제 해결에 종속적이지 않고 독립적이어야 한다.

(2) 일반성(Generality): 교육용 퍼즐은 보편적인 문제 해결 원리를 보여주어야 하며, 이러한 원리는 미래의 새로운 문제 해결에 적용될 수 있어야 한다.

(3) 평이성(Simplicity): 교육용 퍼즐은 쉽게 진술하고 기억할 수 있어야 한다. 기억하기 쉬운 퍼즐은 보편적 문제 해결 원리를 포함한 해법 또한 기억할 수 있는 기회를 증가시킨다.

(4) 유레카 요소(Eureka Factor): 교육용 퍼즐은 시작 단계에서 문제 해결자를 좌절시키지만 해결을 보장해야 한다. 이러한 퍼즐은 직관에 반하는 결과를 보여줌으로써 흥미를 불러일으킨다. 즉, 문제 해결자들은 해법 도출을 위한 초기 단계에서 주로 자신의 직관을 사용함으로써 해법에 도달하지 못하다가 결국 문제 해결을 위한 정확한 단계에 이르러 통찰의 순간(유레카! 또는 아하!)을 경험하게 되고 이 때 문제 해결 자체가 주는 내적 보상의 기회를 얻게 된다.

(5) 오락적 요소(Entertainment Factor): 교육용 퍼즐은 즐겁고 흥미로워야 한다.

Flakner 외(2010)는 호주 및 미국 대학에서 퍼즐 기반 학습 코스를 개설하고 각 코스 교육과정 구성을 위한 프레임워크를 설정하였다[19]. 각 코스별 제공되는 학습 내용은 상

황에 따라 다르지만 공통의 프레임워크를 가지며, 표 1은 Michalewicz와 Michalewicz(2010)에서 제시한 퍼즐 기반 학습의 프레임워크를 나타낸 것이다[18].

표 1. 퍼즐 기반 학습 프레임워크
Table 1. The Framework of Puzzle-Based Learning

구분	내용
규칙	규칙 1: 핵심 요소 파악
	규칙 2: 직관 배제
	규칙 3: 모델링
원리 및 문제 유형	수학적 원리들
	제약조건
	최적화
	확률
	통계
	시뮬레이션
	패턴인식
전략	

퍼즐 기반 학습 진행 시 교수자들은 문제 해결의 중요한 3가지 규칙을 소개하고 학습자들이 퍼즐 해결을 위해 이러한 3가지 규칙을 적용하도록 조력하였으며 구체적인 내용은 다음과 같다[18].

첫째, '핵심 요소 파악' 규칙으로 문제 해결을 위해 요구되는 용어, 목적 등을 명확하게 파악하는 것을 의미한다.

둘째, '직관 배제' 규칙으로 문제를 추측에 의해 해결하려는 직관을 배제하여야 한다는 것을 의미한다. 직관은 광범위한 데이터를 다루는 어려운 문제에 접근할 때 빠른 의사결정을 위한 효율적 방법으로 활용될 수 있지만, 대부분 정서적 측면과 결합되어 사용될 수 있기 때문에 오류의 결정적 원인이 될 수 있기 때문이다.

셋째, '모델링' 규칙으로 문제 해결 과정을 모델링하는 것을 의미한다. 이를 위해 문제 해결을 위해 불필요한 요소를 제거하고 문제 해결과 관련된 유의미한 요소들을 유기적으로 결합하여야 한다.

2. 컴퓨팅적 사고와 퍼즐 문제 해결

컴퓨팅적 사고는 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리에 기반한 문제 해결 접근법이다[1][20]. 특히, 특정 학문 분야가 아닌 모든 문제 해결에 보편적으로 적용 가능한 문제 해결 접근법에 관한 연구는 컴퓨터과학 분야인 Newell과 Simon(1972)의 GPS(General Problem Solver) 연구[21]에 기원을 두

고 있으며, GPS에서 사용하는 보편적 원리들은 '하노이 탑 퍼즐'과 같은 잘 정의된 문제 해결을 위해 일반적으로 사용 가능하다[22]. 교육용 퍼즐은 독립적이고 보편적이며 잘 정의된 문제 형태로 구성되기 때문에 보편적 문제 해결 원리를 도입하여 해법을 도출하기에 적합하다. 또한, 컴퓨팅적 사고의 핵심 요소인 '추상화'는 해법 도출을 위한 핵심 요소를 파악하고 불필요한 요소를 제거하여 문제 해결을 보다 쉽게 만드는 과정[20]으로 퍼즐 기반 학습에서 제시한 규칙 1(핵심 요소 파악), 규칙 3(모델링)과 공통적 특성을 지닌다.

Flakner 외(2009)는 호주 및 미국의 대학에서 3년에 걸친 퍼즐 기반 학습 연구를 진행하고 퍼즐의 활용이 학습에 관한 흥미와 관심을 유도할 뿐 아니라 비판적 사고의 탐색을 조력한다는 것을 확인하였으며, 컴퓨팅적 사고와 퍼즐 기반 학습이 공통의 교육 목적을 가진다는 것을 제시하였다[17]. 실례로 '강 건너기 문제(River Crossing Problem)', '4색 문제(Four Color Problem)', '얼룩말 문제(Zebra Problem)'와 같은 전통적인 퍼즐들은 컴퓨터과학 인공지능 분야 교육내용 및 교재에서 여전히 활용되고 있으며, 다양한 유형의 퍼즐 해결을 위해 '변수할당', '백트래킹', '동적 프로그래밍' 및 다양한 '휴리스틱(예를 들어, 구체적 예를 들어보기, 문제 축소하기 등)' 컴퓨팅 전략을 활용할 수 있다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 대도시 S 초등학교 6학년 정보영재학급 14명(여학생 4명, 남학생 10명)으로 구성하였다.

2. 연구 절차 및 도구

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

실험집단	O1	X	O2
------	----	---	----

O1: 퍼즐 유형별 사전검사
 X: 퍼즐 기반 학습
 O2: 퍼즐 유형별 사후검사

퍼즐 기반 학습은 2주간 총 8차시(주당 2차시)에 걸쳐 이루어졌으며, 1차시에는 사전검사, 2차시부터 7차시까지 퍼즐 기반 학습 진행, 마지막 8차시에는 사후검사를 실시하였다. 표 2는 차시별 퍼즐 기반 학습 내용을 나타낸 것이다.

표 2. 퍼즐 기반 학습 내용
 Table 2. Puzzle-Based Learning Contents

차시	주제	내용
1	사전검사 및 소개	퍼즐 유형별 사전검사 실시 퍼즐 문제 해결 규칙 소개
2	제약조건	퍼즐 문제 해결(3문제)
3	최적화	퍼즐 문제 해결(3문제)
4	확률	퍼즐 문제 해결(2문제)
5	통계	퍼즐 문제 해결(2문제)
6	패턴인식	퍼즐 문제 해결(3문제)
7	전략	퍼즐 문제 해결(2문제)
8	사후검사	퍼즐 유형별 사후검사 실시

퍼즐 기반 학습은 Michalewicz와 Michalewicz(2010)에서 제시한 퍼즐 유형 중 컴퓨팅적 사고를 통해 해결 가능한 6가지 유형을 선정하고, 각 유형별 수집된 다양한 퍼즐 문제들 중 어린 학생들에게 적용 가능한 2-3개의 문제를 선정하였다[18]. 각 문제들은 국내 학습자의 발달 단계와 수준에 맞는 언어와 용어를 사용하여 수정하였으며, 수정된 문제들은 초등교육 및 영재교육 석사학위 이상의 전문가 5인의 검토를 거쳐 완성하였다. 퍼즐 기반 학습을 위한 각 퍼즐 문제는 종이 형태로 각 학습자에게 제공되고 해법의 풀이 및 피드백의 제공은 교수자의 설명에 의해 이루어졌다.

사전·사후검사 문항은 퍼즐 유형별 1문제씩 총 6가지 유형의 퍼즐 문제로 구성하되, 실제 학습 과정에서 다루어지는 퍼즐 문제와 다른 문제 상황으로 개발되었다. 사전·사후검사 문항의 구체적인 내용은 표 3과 같다.

표 3. 퍼즐 유형별 사전·사후검사 문항 구성
 Table 3. The Components of Pre/Post Test

번호	유형	문항 및 정답	컴퓨팅적 전략
1	제약 조건	<문항> 1. 색이 각각 다른 다섯 개의 집이 있습니다. 집에는 서로 다른 국적을 가진 남자들이 살고 있으며 서로 다른 애완동물, 좋아하는 음료, 자동차를 갖고 있습니다. 주어진 사실은 다음과 같습니다. 스페인 사람은 개를 기른다. 녹색집에 사는 남자는 코코아를 마신다. 우크라이나 사람은 커피를 마신다. 녹색집은 아이보리색집 바로 오른쪽에 있다. 포드차를 타는 사람은 노란 집에 산다.	제약조건 탐색 변수 할당 백트래킹

		<p>다. 노르웨이 사람은 왼쪽에서 첫 번째 집에 산다. 웨보레 차를 타고 다니는 남자는 여우를 기르는 남자의 바로 옆집에 산다. 포드차 소유자의 집은 말을 기르는 사람 바로 옆집에 산다. 벤츠를 타는 사람은 오렌지 주스를 마신다. 일본 사람은 폭스바겐을 운전하고 다닌다. 노르웨이 사람은 파란색 집 옆집에 산다.</p> <p>그렇다면 사자를 기르는 사람과 물을 마시는 사람은 누구일까요?</p> <p><정답> 사자를 기르는 사람: 일본 사람 물을 마시는 사람: 노르웨이 사람</p>	
2	최적화	<p><문항> 2. 여행자 4명이 강 위에 놓인 다리를 건너려고 합니다. 아주 어두운 밤인데 램프는 하나만 있으며 다리가 오래되고 낡아 다리를 건너기 위해서는 램프가 꼭 필요합니다. 다리는 아주 약해서 한 번에 두 명까지만 지나갈 수 있고 여행자들이 다리를 건너는 데는 각각 다른 시간이 걸립니다. A는 젊고 빠르기 때문에 다리를 건너는 데 1분이 걸리며 B는 2분, C는 5분, D는 나이가 많고 다리 교정을 받아 10분이 걸립니다. 다리를 건널 때 램프가 꼭 필요하기 때문에 두 사람이 함께 다리를 건널 때는 속도가 느린 사람의 속도에 맞추게 됩니다. 어떻게 해야 가장 빠르게 모두 다리를 건널 수 있을까요?</p> <p><정답> 17분 A와 B 다리 건너기: 2분 A 돌아오기: 1분 C와 D 다리 건너기: 10분 B 돌아오기: 2분 A와 B 다리 건너기: 2분</p>	우선순위 선택 동적 프로그래밍
3	확률	<p><문항> 3. 흰곰 한 마리와 흑곰 한 마리 총 두 마리가 있습니다. 두 마리 중 한 마리가 수컷이라고 할 때 두 마리가 수컷일 확률을 구해보세요.</p> <p><정답> 두 마리 다 수컷일 확률은 1/3 (흰곰, 흑곰)의 가능한 쌍: (암컷, 수컷), (수컷, 암컷), (수컷, 수컷)</p>	경우의수 탐색 추상화
4	통계	<p><문항> 4. 여러분이 연못에 그물을 던져서 30마리의 물고기를 잡았습니다. 이 물고기들에게 빨간색으로 표시하고 연못에 다시 돌려보냈습니다. 그리고 다음날 같은 그물을 던져 물고기 40마리를 잡았는데 그 중 빨간색이 표시된 물고기는 두 마리였습니다. 이 연못의 대략적인 물고기 수는 어떻게 계산할 수 있을까요?</p> <p><정답> 600마리 $n : 30 = 40 : 2$</p>	추론 통계

5	패턴 인식	<p><문항> 5. 1월 1일에 한 쌍의 토끼(암컷 1마리, 수컷 1마리)가 태어났습니다. 다음 조건에 따라 12개월이 지난 후 토끼의 수는 몇 쌍이 될지 생각해 보세요. (조건) 토끼들은 생후 2개월째 새끼를 낳기 시작합니다. 생후 2개월이 되면, 각각의 쌍은 한 쌍을 낳고, 한 달 뒤부터는 매달 한 쌍을 낳습니다. 태어난 토끼들은 죽지 않습니다.</p> <p><정답> 144쌍의 토끼 패턴: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144</p>	상태표현 추상화 모델링
6	전략	<p><문항> 6. 책상 위에 100개의 조약돌이 있습니다. 두 명의 게임 참가자(A와 B)는 번갈아 가며 책상 위의 조약돌을 가져갈 수 있지만 한번에 5개 이하(1개, 2개, 3개, 4개, 5개)의 조약돌을 가져가야 하며 마지막 조약돌을 가져가는 사람이 게임에서 이기게 됩니다. A가 먼저 시작한다고 할 때 이 게임에서 이기기 위한 전략은 무엇일까요?</p> <p><정답> n개의 조약돌이 책상 위에 있다면, p개의 조약돌을 가져가서 n-p를 6의 배수로 만들어라.</p>	상태표현 문제 축소

2. 자료 수집 및 분석 방법

양적 분석과 더불어 질적 분석 수행을 위한 자료 수집 방안으로 사전·사후검사 과정에서 각 문항에 대해 학생들이 정답과 함께 문제 해결 과정을 구체적으로 기술하도록 하였다.

정답률 분석은 문제해결과정과 정답을 정확하게 기술한 경우 정답, 나머지는 모두 오답으로 처리하였다.

각 퍼즐 유형별 학습자의 문제 해결 접근법 분석은 사전·사후검사를 통틀어 정답자와 오답자의 답안지를 분류하고 다음 3가지 관점에서 자료를 분석하였다. 첫째, 정답자의 문제 해결 과정을 비교 분석하여 공통적인 문제 해결 접근법을 확인하였다. 둘째, 오답자의 문제 해결 과정을 분석하여 오답자가 해법에 완전하게 도달하지 못하는 이유와 셋째, 가장 빈번하게 발생하는 오답을 확인하였다.

IV. 연구 결과

1. 퍼즐 유형별 정답률

학습자의 컴퓨팅적 문제 해결 접근법을 분석하기 위해 본

연구에서 활용한 사전·사후 퍼즐 문항은 제약조건, 최적화, 확률, 통계, 패턴인식, 전략의 6가지 유형으로 구분되며, 각 퍼즐 유형별 사전·사후검사 결과 정답률을 비교하면 그림 1과 같다.

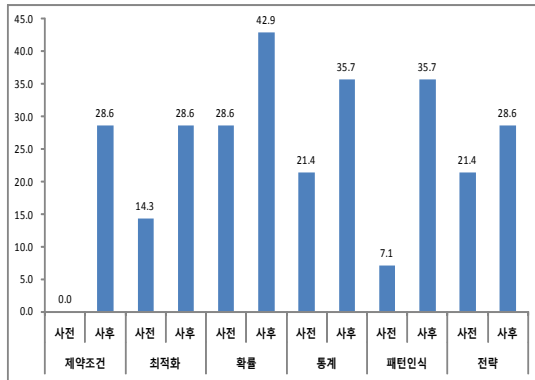


그림 1. 퍼즐 유형별 정답률
Fig 1. Correct Answer Rate

사전검사 결과, 통계와 전략 유형의 정답률(21.4%)이 가장 높게 나타났으며, 제약조건 유형 정답률은 0%로 가장 낮게 나타났다. 사후검사 결과, 확률(42.9%), 통계 및 패턴인식(35.7%), 제약조건, 최적화, 전략(28.6%) 유형 순으로 높게 나타났다. 학습 이후 가장 높은 향상을 보인 유형은 제약조건과 패턴인식 유형(28.6% 향상)인 것으로 드러났다.

2. 퍼즐 유형별 학습자의 문제 해결 접근법

2.1 제약조건

제약조건 유형의 퍼즐은 제약사항, 사실등과 같은 제약조건들이 해법에 의해 만족되어야하는 것으로 대부분 유일한 하나의 해법을 가지고 있다. 따라서 해당 유형의 퍼즐 해결을 위한 모델 설계에 있어, 변수, 제약조건, 목적 등 핵심 요소를 명확하게 파악하는 것이 가장 중요하다. 제약조건 유형의 퍼즐 해결을 위한 유용한 컴퓨팅적 사고는 조건에 따른 '변수 할당 전략(우선순위, 랜덤 등)' 및 '백트래킹' 전략이다. 사전·사후 검사 결과, 해당 퍼즐의 정답률은 다른 유형에 비해 낮게 나타났다. 이는 해당 퍼즐의 경우 모집단의 2%만이 해결할 수 있다는 일부 주장[23]과도 일치하는 결과로 판단되나, 퍼즐 기반 학습 진행 이후 다른 유형에 비해 가장 높은 비율(28.6%)로 향상된 것을 확인하였다.

(1) 정답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 경우, 사전 검사 결과 정답자가 없어, 사후 검

사 결과 정답자 4명의 문제 해결 과정을 분석하였다. 정답자의 공통된 문제 해결 과정을 구체적으로 살펴보면, 첫째, 가장 첫 번째 행(집의 색을 표현하기 위한 변수)을 선택하여 주어진 11가지 제약조건에 나타난 4가지 색을 무작위로 채운다. 둘째, 두 번째 행부터 마지막 행까지 주어진 11가지 제약조건과 첫 번째 행에 할당된 값을 차례대로 비교하면서 조건에 맞는 값을 채운다. 이 때, 조건에 맞는 변수가 여러 개 존재할 경우, 가장 첫 번째 변수를 선택하여 값을 할당하거나 랜덤하게 할당한다. 셋째, 이전에 할당한 값들이 제약조건에 위배되면, 이전 단계로 돌아가 맞지 않는 부분을 지우고 다른 값을 할당하는 과정을 반복한다. 즉, 해당 학생들은 '제약조건 탐색', '우선순위 할당', '랜덤 할당' 및 '백트래킹' 전략을 활용하여 해법에 도달하는 것으로 확인되었다.

(2) 오답자의 문제 해결 특성

오답자의 문제 해결 과정 분석을 통해 가장 빈번하게 발생하는 오류의 유형 및 원인을 분석하였다. 또한 완전한 해법에 도달하기 위한 체계적 문제 해결 단계들 중 극복하지 못하는 단계가 무엇인지, 적용하지 못하는 컴퓨팅적 사고는 무엇인지 확인하였다.

첫째, 해법에 도달하지 못하는 가장 큰 원인은 '핵심 요소 파악'의 미흡으로 드러났다. 핵심 요소 파악은 제약조건 유형의 퍼즐 해결을 위한 핵심 규칙으로 문제의 목적이 무엇인지, 조건과 사실이 무엇인지, 변수가 무엇인지 명확히 확인하여야 한다. 오답자 답안 분석 결과, 질문의 목적을 잘못 이해(예를 들어, 사자를 기르는 사람과 물을 마시는 사람이 누구인지 물어본 경우, 사자를 기르면서 물을 마시는 사람을 찾는 문항으로 잘못 이해함)하거나 조건 서술문에서 사용한 용어(예를 들어, 외래어로 표기된 국가명이나 자동차명)에 대한 오개념으로 인해 제대로 변수에 값을 할당하지 못한 것을 확인하였다. 그러나 퍼즐 기반 학습 진행 이후 실시한 사후검사 결과에서 이러한 양식 오류는 나타나지 않았으며, 이는 양식 오류가 질문 표현 방법의 개선을 통해 해결될 수 있음을 의미한다.

둘째, 오답자들은 제시된 제약조건을 만족하는 변수가 명확하게 하나로 드러나지 않는 경우, 해당 값을 랜덤하게 할당하지 않고 문제 해결을 중단하는 것으로 드러났다.

셋째, 문제 해결을 위해 필수적인 전략임에도 불구하고 오답자들이 적용하지 못하는 전략은 '백트래킹'인 것으로 드러났다. 값을 랜덤하게 값을 할당한 뒤, 제약조건에 맞지 않으면, 이전 단계로 돌아가 랜덤하게 할당한 값들 중 제약조건에 맞지 않는 값을 다른 값으로 수정해야 함에도 불구하고, 한 번 할당된 값을 고정된 값으로 인지하고 수정할 수 있는 값으로 인지하지 못하고 문제 해결을 중단하는 것으로 드러났다.

2.2 최적화

최적화 유형의 퍼즐 해법 도출을 위해 ‘동적 프로그래밍’ 컴퓨팅 전략이 요구되며, ‘직관 배제’가 가장 중요한 해법 도달의 규칙이라고 볼 수 있다.

(1) 정답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 경우, 사후검사 정답자 6명의 문제 해결 과정을 분석하였다. 정답자의 공통된 문제 해결 과정은 다음과 같다. 첫째, ‘우선순위’ 전략에 의해 가장 빠른 A(1분)와 B(2분)를 선택하여 다리를 건너게 하고, 가장 빠른 A(1분)가 돌아오도록 한다. 둘째, ‘동적 프로그래밍’ 전략에 의해 ‘우선순위’를 가장 빠른 사람에서 가장 느린 사람으로 수정한다. 즉, 가장 느린 C(5분)와 D(10분)를 선택하여 다리를 건너게 하고, 돌아오는 경우, ‘우선순위’를 다시 수정하여 가장 빠른 B(2분) 돌아오도록 한다. 셋째, 마지막으로 A(1분)와 B(2분)가 다리를 건너도록 한다. 즉, 정답자들은 문제 상태가 목표 상태로 도달하는 과정 중, 상태가 변경될 때마다 매번 최적의 전략이 무엇인지 고민하여 전략을 수정하는 것으로 확인되었다. 이러한 동적 사고의 전환이 ‘동적 프로그래밍’ 전략이며, 이는 ‘직관의 배제’를 통해 극복할 수 있다.

(2) 오답자의 문제 해결 특성

오답자가 해법에 도달하지 못하는 가장 큰 원인은 ‘직관’에 의한 것으로 드러났다. 즉, 오답자들은 최초로 선택한 ‘우선순위’인 ‘가장 빠른 사람을 선택’하는 것이 가장 최선의 전략이라고 판단함에 따라 문제 상태 변경에 따른 최적화 전략을 고려하지 않고 최초의 전략을 마지막까지 적용하였다. 그림 2는 이러한 ‘직관’에 기인하여 가장 빈번하게 발생한 오답 유형을 나타낸 것이다.

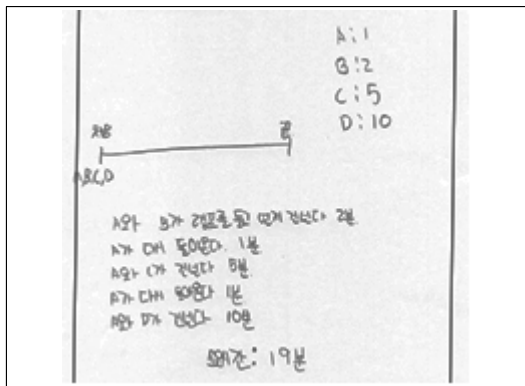


그림 2. 최적화 유형 퍼즐에서의 오답 예: K 학생의 사후검사 결과
Fig 2. The Example of Incorrect Answer of Optimization Type Puzzle: K Student's Answer in Post Test

2.3 확률

확률 유형의 퍼즐 해법 도출을 위해 ‘추상화’ 컴퓨팅 전략이 요구되며, ‘핵심 요소 파악’이 가장 중요한 해법 도달의 규칙이라고 볼 수 있다.

(1) 정답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 경우, 사후 검사 정답자 4명의 문제 해결 과정을 분석하였다. 정답자의 공통된 문제 해결 과정은 다음과 같다. 첫째, 주어진 조건에 따라 모든 가능한 ‘조합’을 나열한다. 즉, 곰의 색상, 곰의 성별 두 가지 조건에 의해 4가지 서로 다른 조합을 구성하여 기술한다. 둘째, 모든 가능한 4가지 조건 중 문제에서 제시한 제약 조건(두 마리 중 한 마리는 수컷)에 따라 불필요한 조합(흰곰 암컷, 흑곰 암컷인 경우)을 제거한다. 셋째, 불필요한 조합을 제외한 나머지 3가지 조합을 고려하여 확률을 계산한다. 즉 정답자들은 문제 해결을 위해 불필요한 정보를 제거하는 ‘추상화’ 사고 전략을 통해 해법에 쉽게 도달하는 것을 확인하였다.

(2) 오답자의 문제 해결 특성

오답자가 해법에 도달하지 못하는 가장 큰 원인은 ‘핵심 요소의 파악’ 및 ‘직관’에 의한 것으로 드러났다. 예를 들어, 학생 F는 한 마리가 수컷이면 나머지 한 마리는 당연히 암컷이어야 한다는 직관에 의해 문제를 해결하지 못하였으며, 학생 H는 곰의 색상과 성별을 연결하려고 시도함으로써 문제를 해결하지 못하였다. 또한 대부분의 오답자들은 나열한 모든 경우의 조합들 중 불필요한 요소가 무엇인지 판단하고 제거하지 못함으로써 해법에 도달하지 못하는 것으로 드러났다. 즉, ‘추상화’ 전략을 문제 해결에 적용하지 못함으로써 가장 빈번한 오답에 도달한 것으로 드러났다. 그림 3은 ‘추상화’ 전략을 적용하지 못함으로 인해 가장 빈번하게 발생한 오답 유형을 나타낸 것이다.

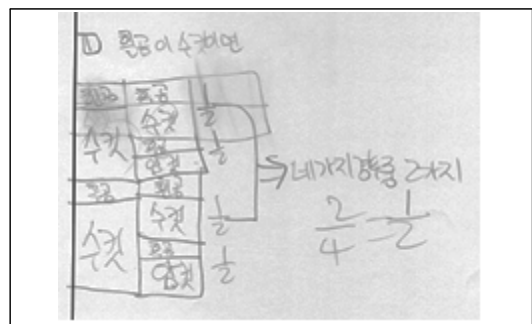


그림 3. 확률 유형 퍼즐에서의 오답 예: L 학생의 사후 검사 결과
Fig 3. The Example of Incorrect Answer of Probability Type Puzzle: L Student's Answer in Post Test

2.4 통계

통계 유형의 퍼즐 해법 도출을 위해 '표집 값에 따른 모집단 추정(capture-recapture method)' 전략이 요구되며, 이는 '표집' 및 '모집단'에 관한 개념 이해를 기초로 이루어진다.

(1) 정답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 경우, 사후 검사 정답자 5명의 문제 해결 과정을 분석하였다. 정답자들은 문제에서 표집 값에 따라 모집단을 추정하는 추론 통계 전략을 적용한 것을 확인하였다. 즉, 전체 물고기의 모집단 n 으로 놓고 빨간색으로 표시한 30마리의 물고기를 표집 값으로 적용한 뒤, 두 번째 표집 값(40마리 중 2마리가 빨간색)과의 비교 수식을 통해 문제를 해결하였다.

(2) 오답자의 문제 해결 특성

오답자가 해법에 도달하지 못하는 가장 큰 원인은 '직관'에 의한 것으로 드러났다. 즉, 표집 값에 따라 모집단을 추정하지 않고, '합집합' 개념으로 문제를 해결하고자 시도하였다. 예를 들어, 각 표집 값을 단순히 더하거나 각 표집 값을 더한 뒤 중복되는 값을 빼는 형태를 통해 전형적인 오답을 도출하였다. 그림 4는 가장 빈번하게 발생한 오답 유형을 나타낸 것이다.

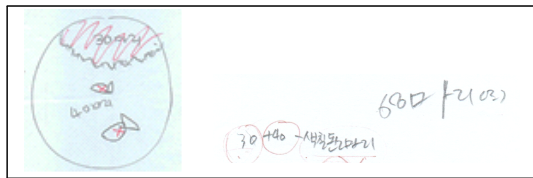


그림 4. 통계 유형 퍼즐에서의 오답 예: B, G 학생의 사후 검사 결과
 Fig 4. The Example of Incorrect Answer of Statistically Speaking Type Puzzle: B and G Students' Answer in Post Test

2.5 패턴인식

패턴인식 유형의 퍼즐은 일반적으로 초기상태에서 목표상태로의 전환 과정을 상태도로 표현하고 상태도에서 '추상화' 전략을 통해 패턴을 인식하여 모델링한 뒤, 해당 모델을 적용하여 최종 목표 상태를 예측하는 과정을 통해 해결될 수 있다.

(1) 정답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 경우, 사후 검사 정답자 5명의 문제 해결 과정을 분석하였다. 정답자들은 조건에 따른 각 상태를 나열한 뒤, 피보나치수열 패턴을 인식하고 해당 패턴에 따라 정답을 계산하였다.

(2) 오답자의 문제 해결 특성

오답자의 빈번한 오류 발생의 원인은 '직관'에 의한 것으로 드러났다. 그림 5의 학생 G, I의 예를 통해 알 수 있듯이, 패

턴인식 후 해당 패턴(피보나치수열)을 적용하여 최종 목표상태 값을 산출하여야 하나, 시작부터 목표상태까지 나열된 모든 값을 더하는 오류를 보였다. 이는 이전의 두 값을 서로 더하여 피보나치 수를 산출하는 방법에 의한 직관에 기인한 오류로 해석할 수 있다. 패턴인식 유형의 경우, 다른 유형에 비해 무응답의 비율이 높게 나타났다. 이는 학생들이 패턴인식 유형의 퍼즐에 익숙하지 않으며 패턴인식 유형의 퍼즐에 어떻게 접근해야 하는지 인식하지 못하고 어려워하는 것으로 해석된다.

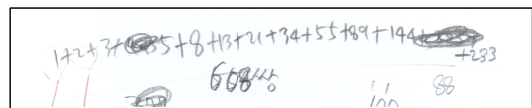


그림 5. 패턴인식 유형 퍼즐에서의 오답 예: G 학생의 사후 검사 결과
 Fig 5. The Example of Incorrect Answer of Pattern Recognition Type Puzzle: G Student's Answer in Post Test

2.6 전략

전략 유형의 퍼즐은 일반적으로 게임에서 이기기 위한 전략을 설정하기 위한 형태로 구성된다. 따라서 게임의 목표와 규칙을 정확히 파악하기 위해 '핵심 요소 파악' 단계가 가장 중요하다. 또한 큰 문제를 작은 문제로 축소하여 상태도(게임에서 이긴 상태 또는 진 상태)를 구성하고 상태도에 기반하여 게임에서 이기기 위한 전략(내가 이긴 상태로 만들기 또는 상대방을 진 상태로 만들기)을 생성하는 과정을 거쳐 해법을 도출할 수 있다.

(1) 정답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 경우, 사후 검사 정답자 4명의 문제 해결 과정을 분석하였다. 정답자들은 게임에서 이기기 위한 전략으로 내가 이긴 상태로 만들기 위한 전략을 제시하였다. 정답자들은 문제에서 제시한 게임의 규칙인 '한 번에 5개 이하의 조각들 가져가기'를 이용하여 6개의 조각들이 놓인 상태를 가정하고 이기기 위한 상태를 추측함으로써 쉽게 해법을 제시하였다.

(2) 오답자의 문제 해결 특성

해당 유형의 오답자 답안 중 '가장 큰 것'을 먼저 확보하는 것 또는 '가장 적게 남기는 것'이 최적의 전략이라고 판단하는 '직관'에 의한 오류를 발견하였다. D, F 학생은 가져갈 수 있는 조각들의 개수 중 가장 많은 수인 5개를 먼저 가져간다는 전략을 해법으로 제시하였으며, J, K 학생은 조각들의 개수 중 가장 적은 수인 1개를 남긴다는 전략을 해법으로 제시하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 퍼즐 기반 학습에서 초등정보영재의 문제 해결 접근법을 비교·분석함으로써 학생들이 가장 빈번하게 발생시키는 오류의 원인 및 가장 어려워하는 문제 해결 단계 및 전략을 확인하고 그에 적합한 교수 학습 전략 설계 방안을 제시하고자 하였다.

이를 위해, 전형적인 퍼즐의 6가지 유형인 제약조건, 최적화, 확률, 통계, 패턴인식, 전략 유형별 대표 퍼즐 문제를 활용하여 사전사후검사를 실시하고 사전사후검사 결과의 정답률 비교 및 학생 답안의 질적 분석을 실시하였다. 학생 답안은 정답자와 오답자의 답안으로 분류하고 정답자의 공통적 문제 해결 접근법 및 관련 컴퓨팅적 전략을 확인하였다. 또한 오답자의 답안에서 공통적으로 발생하는 '직관' 및 '양식'에 의한 오류, 불완전한 해법에서 완전한 해법으로 도달하지 못하는 문제 해결 단계가 무엇인지, 해당 단계에서 요구되는 컴퓨팅적 전략은 무엇인지 확인하였다. 분석 결과를 퍼즐 유형에 따라 요약 제시하면 다음과 같다.

첫째, 제약조건 유형의 퍼즐 해결을 위해 '핵심 요소 파악' 규칙이 가장 중요하며, 변수 할당 및 백트래킹과 같은 컴퓨팅적 사고와 전략이 요구된다. 사전검사 결과, 제약조건만족 유형은 다른 유형에 비해 가장 낮은 정답률(0%)을 보였으나, 퍼즐 기반 학습 이후 가장 높은 향상률(28.6%)을 보여 '핵심 요소 파악' 및 '변수 할당', '백트래킹'과 같은 컴퓨팅적 사고가 학습에 의해 향상될 수 있음을 시사한다. 오답자의 학습자 답안 분석 결과를 통해 학습자들이 가장 어려워하는 문제 해결 전략은 '백트래킹'인 것으로 드러났다.

둘째, 최적화 유형의 해법 도출을 위한 컴퓨팅적 전략은 우선순위 선택 및 동적 프로그래밍 전략으로 이를 위해 '직관 배제'가 가장 중요한 해법 도달의 규칙이라고 볼 수 있다. 오답자의 문제 해결 과정 분석 결과, 오답자들은 한 번 선택한 우선순위 규칙을 상황에 맞게 수정하지 않고 끝까지 유지함으로써 완전한 해법에 도달하지 못하는 것으로 드러났다.

셋째, 확률 유형의 경우 '핵심 요소 파악'을 통한 '추상화' 전략이 요구된다. 빈번한 오답을 제시한 오답자들의 문제 해결 과정 분석 결과, 오답자들은 문제 해결을 위해 불필요한 요소를 제거하지 못함으로 인해 오류를 발생시키는 것으로 드러났다.

넷째, 통계 유형의 경우, '표집' 및 '모집단'에 관한 개념 이해를 기초로 '표집 값에 따른 모집단 추정' 전략이 요구된다. 오답자의 경우 해법에 도달하지 못하는 가장 큰 원인은 '직관

에 의한 것으로 확인되었다. 즉, 오답자들은 표집 값에 따라 모집단을 추정하지 않고 '합집합'의 개념으로 문제를 해결하고자 하였다.

다섯째, 패턴인식 유형의 퍼즐 해결을 위해 정확한 상태도 표현이 가장 중요하다. 다른 유형에 비해 무응답의 비율이 높게 나타났으며, 오답자의 빈번한 오류 발생의 원인은 '직관'에 의한 것으로 드러났으며, 이는 주로 패턴인식 후 모델링 과정에서 오류를 유도함으로써 완전한 해법으로 도달하지 못하는 것으로 확인되었다.

여섯째, 전략 유형의 퍼즐은 게임의 목표와 규칙을 정확히 파악하고 이기기 위한 전략을 모델링함으로써 해결할 수 있다. 이를 위해 '핵심 요소 파악', '직관 배제', '모델링' 규칙의 적용 및 '문제 축소' 컴퓨팅 전략이 요구된다. 정답자와 구분되는 오답자의 전형적 오류는 '가장 크고 많은 것을 가지는 것이 최선'이라는 '직관'에 의한 것으로 드러났다.

본 연구는 설계 기반 연구 방법(Design Based Research)을 토대로 보다 실용적이고 효과적인 퍼즐 기반 학습 설계를 위해 이루어졌다. 본 연구 결과를 토대로 퍼즐 기반 학습 개선을 위한 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 퍼즐 문제 개발에 있어 문제 상황 및 정보를 어떻게 제시하고 표현할 것인가에 관한 고찰이 필요하다. 퍼즐 문제에서 제시되는 문제 상황은 특정 학문 분야 또는 교과 지식의 습득여부와 무관하게 구성되어야 한다. 이는 특정 영역에 관한 지식과 개념이 없더라도 보다 일반적인 문제 해결 방법론을 적용하여 문제 해결에 집중할 수 있도록 하기 위한 것이다. 실제 오답자의 답안 및 오류 원인 분석 결과, 특정 용어의 개념 이해 부족에 따른 양식 오류가 발생한 것을 확인하였다. 따라서 이러한 양식 오류의 최소화를 위해 학습자의 발달 수준 및 사회문화적 배경에 맞는 용어와 상황 설정에 따른 퍼즐 문제 개발이 필요하다.

둘째, 학습자의 퍼즐 문제 해결 과정을 조력하기 위한 인지적 피드백 설계가 필요하다. 인지적 피드백은 학습자가 문제 해결 과정 중 가장 어려워하는 단계에 적시에 제공되어야 할 뿐 아니라, '직관'에 의해 발생할 수 있는 오류를 최소화하기 위해 문제 해결 전 과정에 걸쳐 지속적으로 제공되어야 한다. 또한 문제 해결의 마지막 단계에서 자신이 제시한 해법의 정확성 재검토를 위한 성찰의 기회를 제공하여야 한다.

셋째, 퍼즐 문제 및 관련 정보를 문제 해결 과정을 통틀어 지속적으로 제공하거나 단계별로 요구되는 정보 및 피드백을 적시에 제공하기 위한 지원 시스템 설계가 필요하다. 퍼즐 문제 해결을 위한 3가지 규칙인 '핵심 요소 파악', '직관 배제', '모델링' 과정은 문제 해결 단계에 따라 적시에 제공될 필요가

있으나 문제해결자인 학습자가 해당 단계에 도달하는 시점과 방법은 각각 다르기 때문에 학습자 수준 및 상황에 따라 개별적으로 지원되어야 한다. 따라서 개별적 문제 해결 접근을 지원하기 위한 시스템 설계 및 개발이 요구된다.

본 연구에서는 퍼즐 기반 학습의 체계적 개선을 위한 기초 연구로 퍼즐 기반 학습에서의 초등정보영재의 컴퓨팅적 문제 해결 접근법을 분석하였다. 향후 연구를 통해 초등정보영재 뿐 아니라 보다 다양한 학습자의 컴퓨팅적 사고 증진을 위한 효과적인 교수 학습 방안을 제시할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] J. M. Wing, "Computational Thinking", *Communication of ACM*, Vol.49, No.3, pp.33-35, 2006.
- [2] K. Brennan, "Creative Computing: A design-based introduction to computational thinking", <http://scratched.media.mit.edu/sites/default/files/CurriculumGuide-v20110923.pdf>, Accessed September 12, 2012.
- [3] I. Lee et al., "Computational Thinking for Youth in Practice", *ACM Inroads*, Vol.2, No.1, pp.32-37, 2011.
- [4] J. J. Lu, and G. H. L. Fletcher, "Thinking about computational thinking", *ACM Special Interest Group on Computer Science Education Conference(SIGCSE 2009)*, Chattanooga, TN, USA, 2009.
- [5] NAS, "Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking", Washington DC: National Academies Press, 2011.
- [6] The CSTA Standards Task Force, "CSTA K-12 Computer Science Standards", CSTA/ACM, 2011.
- [7] Department for Education, "National curriculum in England: computing programmes of study", <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>, Accessed October 12, 2013.
- [8] W. Jun, "A Study on the Current Status and Improvement Plan of Gifted Information Education Curriculum for Creative Human Resource Development", *Communications of KIISE*, Vol.30, No.3, pp.17-23, 2012.
- [9] J-W. Choi, E. Lee, and Y. Lee, "Puzzle Based Learning for Informatics Gifted Elementary Students", *The Journal of Korea Association of Computer Education*, Vol.16, No.5, in press.
- [10] T. P. Carter, "Crossword puzzles in the foreign language classroom", *The Modern Language Journal*, Vol.58, No.3, pp.112-115, 1979.
- [11] U. Thomas, "The crossword puzzle: An aid to learning", *Unterrichtspraxis*, Vol.12, No.1, pp.79-86, 1979.
- [12] B. Parhami, "Motivating computer engineering freshmen through mathematical and logical puzzle", *IEEE Transactions on Education*, Vol.52, No.3, pp.360-364, 2009.
- [13] D. K. Kang, "A Case study of puzzle solving applied to programming practice", *The Journal of Korea Society for Engineering Education*, Vol.13, No.2, pp.3-6, 2010.
- [14] K. E. Merrick, "An empirical evaluation of Puzzle-Based Learning as an interest approach for teaching introductory computer science", *IEEE Transactions on Education*, Vol.53, No.4, pp.677-680, 2010.
- [15] T. D. Crute, and S. A. Myers, "Sudoku puzzles as chemistry learning tools", *Journal of Chemical Education*, Vol.84, No.4, pp.612-613, 2007.
- [16] S. Barab, "Design-Based Research: A Methodological Toolkit for the Learning Scientist", In R. K. Sawyer [Ed.] *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences* [pp.153-169], Cambridge, MA:Cambridge University Press, 2006.
- [17] N. J. G. Falkner, R. Sooriamurthi, and Z. Michalewicz, "Puzzle-Based Learning: The First Experiences", *Proceedings of the AaeE Conference*, 2009.
- [18] Z. Michalewicz, and M. Michalewicz, "Puzzle Based Learning: Introduction to critical thinking, mathematics, and problem solving", Melbourne Victoria Australia: Hybrid

Publishers, 2010.

- [19] N. Falkner, R. Sooriamurthi, and Z. Michalewicz, "Puzzle-Based Learning for Engineering and Computer Science", Computer, Vol.PP, Issue.99, pp.20-28, April 2010.
- [20] J. M. Wing, "Computational thinking and thinking about computing", Philosophical Transactions, Vol.366, pp.3717-3725.
- [21] A. Newell, and H. Simon, "Human problem solving", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [22] J. E. Pretz, A. J. Naples, and R. J. Sternberg, "Recognizing, Defining, and Representing Problems", In J. E. Davidson, and R. J. Sternberg [Eds.] The Psychology of Problem Solving (pp.3-30), Cambridge, MA:Cambridge University Press, 2003.
- [23] S. Jeremy, "Einstein's Riddle: Riddles, Paradoxes, and Conundrums to Stretch Your Mind", Bloomsbury USA, pp.10-11, 2009.

저 자 소개



이 은 경
 1998: 한국교원대학교
 컴퓨터교육과 교육학사.
 2005: 한국교원대학교
 컴퓨터교육과 교육학석사.
 2009: 한국교원대학교
 컴퓨터교육과 교육학박사.
 현 재: 한국교육과정평가원
 부연구위원
 관심분야: 컴퓨터교육, 학습과학
 Email : eklee76@kice.ac.kr



최 정 원
 2003: 충북대학교
 컴퓨터과학과 이학사.
 2012: 한국교원대학교
 컴퓨터교육과 교육학석사.
 현 재: 한국교원대학교
 컴퓨터교육과 박사과정
 관심분야: 정보영재교육,
 퍼즐기반학습, 학습과학,
 융합교육
 Email : cjw0829@knue.ac.kr



이 영 준
 1988: 고려대학교 전산과학과 이학사.
 1994: 미국 미네소타대학교
 전산학 Ph.D.
 현 재: 한국교원대학교
 컴퓨터교육과 교수
 관심분야: 정보통신교육,
 지능형시스템, 학습과학
 Email : yjlee@knue.ac.kr