

초등 예비교사를 대상으로 한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용 개발 및 적용

오정철 · 김종훈
제주대학교

요 약

본 연구에서는 퍼즐 기반 학습의 교육적 동향과 국내외 연구 사례를 살펴보고 컴퓨터과학의 핵심 개념을 학습 내용으로 하는 퍼즐 기반 학습 내용을 개발하였다. 그리고 이 퍼즐 기반 학습 내용을 예비초등교사 31명을 대상으로 4개월간, 총 32차시를 적용한 뒤 TTCT 언어 검사와 도형 검사를 실시하여 창의성 변화를 측정하였다. 그 결과 언어 창의성의 두 가지 하위 요인과 언어 창의성 지수 및 도형 창의성의 세 가지 하위 요인과 도형 창의성 지수가 유의미하게 증진되었다. 이에 본 논문에서는 검증된 효과를 바탕으로 새로운 컴퓨터과학 교육 형태로서 퍼즐 기반 학습 내용을 제시하고자 한다.

키워드 : 퍼즐 기반 학습, 문제해결력, 컴퓨터과학, 정보과학적 사고, 예비 교사

A Development and Application of Puzzle-Based Computer Science Learning Contents for Pre-service Teachers

Jungcheol Oh · Jonghoon Kim
Jeju National University

ABSTRACT

In this study, we reviewed educational trend of Puzzle-Based Learning Contents and case studies at domestic and international, and have developed Puzzle-Based Learning Contents with the contents using fundamental concepts of computer science. Thirty one prospective elementary school teachers were applied to this contents, total thirty two sessions for four months, and Torrance Tests of Creative Thinking(TTCT) verbal and figural tests were performed to evaluate the changes in creativity. The result showed that there were significant improvements in two subscales of verbal creativity, verbal creativity index, and three subscales of figural creativity, figural creativity index. In this paper, on the basis of proven effectiveness, we introduce the Puzzle-Based Learning Contents as the alternative computer science education.

Keywords : Puzzle-Based Learning, Problem-Solving Ability, Computer Science, Computational Thinking, Pre-service Teachers

이 논문은 2014학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

교신저자 : 김종훈(제주대학교 초등컴퓨터교육 전공)

논문투고 : 2014-05-25

논문심사 : 2014-05-25

심사완료 : 2014-09-24

1. 서론

급변하는 21세기 지식정보화사회 속에서 IT기술은 사회 변화를 주도하며 사회 전 영역에서 그 영향력을 넓혀가고 있다. 그러나 학문적 영역에서 보면 IT기술이 사회에서 차지하는 중추적 역할에 비해 그 중요성은 부각되지 못하고 있다[1].

특히 과거 정보관련 학자들이 알고리즘과 프로그래밍 같은 전문기술교육에 치중하면서 정작 컴퓨터과학만이 갖고 있는 본질적 영역인 정보과학적 사고력 신장이나 창의성 증진 교육에는 소홀하였고 이에 따라 일반인들은 컴퓨터과학은 컴퓨터관련 전문가들에게만 필요하다는 잘못된 편견을 갖게 되었다[2]. 현 시점에서 이러한 문제는 정보과학계 전문가와 교육자들은 물론이고 사회 지도층에서 함께 인식하고 해결해야 할 중요한 과제이다.

정보과학적 사고와 창의적 사고력은 과거와 비교할 수 없을 만큼 빠르게 변해가는 디지털 환경 속에 살아가는 우리들에게 필수적인 요소가 되었다. Wing(2006)은 정보과학적 사고가 3R(Reading, wRiting, and aRithmetic)과 함께 21세기 모든 학습자가 기본적으로 갖추어야 할 능력이라고 강조하였고 2009 개정 중학교 선택 교과 교육과정 정보교육 내용에서도 창의적인 문제해결을 강조하며 정보교육의 지향점을 창의적 사고력과 정보과학적 사고력(Computational Thinking) 신장에 두고 있다[3][12].

본 연구에서는 이러한 사회적 흐름과 정보교육 방향에 맞춰 초등학교 정보교육에 주체가 될 예비교사들을 대상으로 컴퓨터과학 원리를 쉽고 재미있게 경험할 수 있는 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용을 적용하여 퍼즐 기반 학습 내용이 예비교사들의 창의성에 미치는 영향을 연구하고자 한다. 또한 정보교육의 지향점과 달리 단순 정보수집 및 활용 능력 신장에 집중되거나 컴퓨터과학과 관련된 단편적 지식을 제시하는 수준에 머물러 있는 현장교육의 한계를 극복하기 위한 새로운 컴퓨터과학 교육 방법으로써 퍼즐 기반 학습 내용을 연구하고자 한다[4].

2. 이론적 배경

2.1 정보과학적 사고

Kramer(2007)는 정보과학적 사고는 인간이 가지고 있는 '사고 능력'이라고 보는 측면보다는 '사고 기술' 또는 '사고의 패러다임'이라고 해석하는 것이 올바르다고 보았다[13].

Wing(2008)은 정보과학적 사고(Computational Thinking)를 문제 상황에 따라 수학적 사고, 과학적 사고, 공학적 사고와 사고 영역을 공유하는 일종의 분석적 사고 영역으로 보았다. 일반적인 접근에서는 수학적 사고를, 실세계의 제한 안에서 크고 복잡한 시스템을 설계하고 평가하는 문제들에서는 공학적 사고를, 인간의 행동과 감정, 지능, 계산 가능성을 이해하기 위한 문제에서는 과학적 사고를 공유한다고 보았다[14].

또한 정보과학적 사고의 핵심 요소를 추상화(abstraction)와 자동화(automation)라는 2가지 핵심 사고능력으로 구분하여 제시하고 이러한 능력이 다른 학문 분야에서 다루는 사고능력과의 차이가 무엇인지 명확히 구분하였다. 추상화 능력을 정보과학적사고의 핵심 요소로 제시하고, 컴퓨팅 영역에서의 레이어를 사용한다는 개념에서 차이가 있고 실제 세계의 여러 제약 조건 안에서 이루어짐으로 더욱 복잡한 경향이 있으며 복잡한 시스템 설계와 개발에서 큰 힘을 발휘한다고 설명하였다. 그리고 자동화 능력은 계산을 어떤 컴퓨터로 표현하는 것이 적절한지를 판단하고 선택하여 해당 컴퓨터와 대화가 가능한 언어 또는 계산 모델을 통해 계산을 알맞은 형식으로 표현하여 자동적으로 처리할 수 있게 하는 과정과 그 수행이라 설명하였다[14].

CS4FN(Computer Science For Fun)은 컴퓨터적인 특성을 이용하여 문제를 해결하는 다양한 기술의 모음이라고 정의하였으며 이러한 사고는 컴퓨터의 과학적 기본 개념과 원리에 따른 문제해결, 시스템 설계, 인간 행동의 이해를 위한 사고로 정의되며 재귀적 사고, 추상적 사고, 선행적 사고, 절차적 사고, 논리적 사고, 동시적 사고, 분석적 사고, 전략적 사고 등을 포함한다고 하였다[15].

2.2 퍼즐 기반 학습

2000년대에 접어들며 퍼즐을 교육적으로 사용하여 컴퓨터과학 교육에 활용하려는 시도는 국내외에서 활발히 이루어지고 있다.

김중혜(2008)는 퍼즐을 아래 <Table 1>와 같이 정보적 경험에 따라 알고리즘 퍼즐, 추론 퍼즐, 추상화 퍼즐, 창의력 퍼즐 등 4개의 그룹으로 나누어 설명하였다[5].

<Table 1> Classification of the puzzle

알고리즘 퍼즐	추론퍼즐	추상화 퍼즐	창의력 퍼즐
선교사를 구출하라	8인의 리그진	원안의 숫자를 맞혀라	도형분할 퍼즐
캐치윈	모자의 색깔	마방진	성냥개비 퍼즐
하노이타워	노노그램	수열퍼즐	기하퍼즐
클론다이크	스도쿠	15 퍼즐	탱그램
캐스트 퍼즐	복면산	4색 정리	펜토미노
탱글먼트 퍼즐	직업을 찾아라	페니히스베르크 의 다리	소마큐브 에너지그램

그리고 장정아(2009)는 초등 정보교육에서 정보과학적 사고기반의 문제해결능력을 경험하기 위한 새로운 교수-학습 도구로 퍼즐 교육을 제안한 바 있으며 프로그래밍의 학습요소를 퍼즐의 사고과정과 분석하여 비교함으로써 정보교육의 형태로서 퍼즐의 가능성을 제시하였다. 이러한 내용을 바탕으로 프로그래밍 언어와 퍼즐을 통한 사고력 경험 영역을 <Table 2>와 같이 분류하여 제시하였다[6].

<Table 2> Thinking experience of programming languages and puzzle

프로그래밍 학습의 요소	프로그래밍 언어	퍼즐
알고리즘적 · 재귀적 사고	프로그래밍 과정에서 경험 가능	퍼즐해결 과정에서 경험 가능
사고력 경험	논리적 · 비판적 사고	오류 디버깅 과정에서 경험 가능
창의적 · 발산적 사고	새로운 프로그램 설계 과정에서 경험 가능	오류 디버깅 과정에서 경험 가능
		새로운 해결방안 모색과정에서 경험 가능

국외에서는 Anany Levitin(2002)가 동적 프로그래밍, 바인딩, 변환과 같은 가장 일반적인 알고리즘 설계 기법을 설명하기 위해 사용할 수 있는 몇 가지 퍼즐과 수수께끼 같은 문제를 제시하여 실제 컴퓨터과학에 관련된 문제해결에 도움이 될 수 있음을 확인하였다[16].

또한 Zbigniew Michalewicz(2010)는 퍼즐 기반 학습(Puzzle-Based Learning, PBL)이란 용어를 사용하며 컴퓨터과학과 공학을 위한 퍼즐 활용 교육의 중요성을 설명하였다. 그는 퍼즐 기반 학습은 비판적 사고와 논리적 추론력 신장을 위한 새로운 교육 모델이며 학생들에게 재미와 동기를 부여하고 다양한 해결 전략을 논의하게 하며 이러한 과정 속에서 실세계에서 발생 가능한 문제 상황을 해결할 수 있는 실질적 기술을 제공한다고 강조하였다[17].

그리고 Zbigniew Michalewicz(2011)는 퍼즐 기반 학습의 궁극적인 목표를 실세계의 문제 해결을 위한 학생들의 지식 기반을 마련하는 것이라 보고 (Fig. 1)과 같이 학습과 실세계의 문제 해결을 위해 필요한 기술의 연속체를 제시하였다. 이 연속체에서 각 기술의 단계는 아래의 단계를 기반으로 해서 이루어지며 퍼즐 기반 학습은 미래의 특정 학습과정 문제 해결을 위해 기초가 될 수 있는 추론능력과 비판적 사고 기술을 증진시킬 수 있다고 보았다[7][18].



(Fig. 1) Problem solving in the real world requires a continuum of learning and skills in which each layer of skills builds upon the layers below it

3. 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용 설계

3.1 학습 내용 설계

퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용은 퍼즐을 해결하면서 IT원리와 내용 및 컴퓨터과학의 효과적인 문제해결 방식을 경험하고 익힐 수 있도록 만들어진 새로운 형태의 컴퓨터과학 교육 내용이다.

기존 연구에서도 퍼즐을 활용한 컴퓨터과학 교육이 효과를 거둘 수 있음이 확인된 바 있다[6]. 하지만 기존의 퍼즐을 활용한 프로그래밍 교육 또는 컴퓨터과학 교육은 퍼즐에서 사용되는 수학이나 과학의 원리를 활용하여 문제를 해결하는 한계를 갖고 있다. 이에 반해 본 연구에서 개발한 퍼즐 기반 학습 내용은 컴퓨터과학 원리에 그 기반을 두고 있다. 즉, 사용되는 퍼즐 내용이 컴퓨터의 수치표현, 프로그래밍, 자료 구조 등 IT 관련 기술과 원리에 바탕을 두고 있으며 이러한 토대 위에 생활 속 소재와 문제 상황을 연결하여 학생들의 흥미와 집중도를 높였다는 것이 본 퍼즐 기반 학습 내용이 기존의 퍼즐 기반 학습 내용과 갖는 차별성이다.

3.2 학습 영역과 주제 선정

본 연구에서 개발한 학습 내용은 컴퓨터에 대한 전문 지식이 없는 초등 예비교사들을 대상으로 하고 있다. 즉, 기존의 컴퓨터과학 교육이 컴퓨터를 전문적으로 다루는 특정 계층의 전문가 양성에 초점을 맞췄다면 본 교육 내용은 컴퓨터에 관한 전문 지식이 없는 예비교사들을 대상으로 컴퓨터과학에 포함된 논리적, 알고리즘적, 재귀적 사고 과정 등을 경험할 수 있도록 하고 그 효과를 확인하는 데 목적을 두고 있다. 이를 위해 선행적으로 이루어져야 할 부분이 대표성을 띄는 컴퓨터과학 학습 영역을 선정하고 대상을 고려하여 타당도와 적합도가 높은 학습 주제를 선정하는 일이다.

다만 초등 예비교사들은 학교 현장에서 컴퓨터과학을 지도해야 할 교육주체로서 전체적인 컴퓨터과학에 대한 식견을 갖고 학생들을 지도해야 함으로 보편적 컴퓨터과학 교육 영역을 선정하였다.

즉, 초등학생들에게 지도 가능한 컴퓨터과학 영역만을 선정하여 학습하는 것이 아니라 가능한 한 보편적으로 교육되는 컴퓨터과학 전 영역을 고르게 학습함으로써 더 넓은 교육적 안목을 갖고 학생들을 지도할 수 있도록 하기 위함이다. 비록 아래의 영역 중 초등교육과정 수준을 넘어서는 부분도 있으나 지도교사로서 컴퓨터과학의 전반적인 영역에 대한 지식을 갖고 있어야 초등학생들을 지도할 때 각 영역 간의 관계와 비중을 이해하여 더욱 적절한 수준과 방향으로 지도할 수 있을 것이다.

이러한 보편적인 컴퓨터과학 영역을 선정하기 위해

2000년 이후 발행부수 상위 20권의 국내외 컴퓨터·컴퓨터 과학 개론서와 국내 10개 대학 컴퓨터·컴퓨터 과학 개론서의 교육 내용을 영역별로 분석하였다. 그리고 <Table 3>와 같이 공통적으로 다루고 있는 10대 공통 교육 영역을 선정하였다.

<Table 3> 10 common areas of computer science education

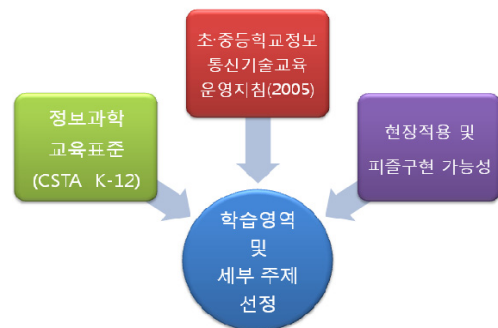
컴퓨터과학의 10대 공통교육 영역
수 표현과 진법변환, 논리회로(부울대수), 프로그래밍 언어, 알고리즘, 자료 구조, 데이터베이스, 운영체제, 네트워크와 통신, 보안과 암호화, 멀티미디어

그리고 컴퓨터과학 교육 내용의 난이도, 퍼즐 기반 학습 적용의 용이성, 정보과학적 사고와의 연계성 등을 종합적으로 고려하여 학습 영역 및 주제를 선정하였다.

3.3 학습 내용의 세부 주제

앞서 선정한 컴퓨터과학의 10대 공통영역을 아래의 3가지 사항을 고려하여 우선 학습영역 및 세부 주제를 선정하였다.

<Table 4>의 세부 주제 및 주제별 퍼즐 제재들은 위의 컴퓨터과학의 10대 공통 교육내용을 바탕으로 현재 학교현장에서 교육되고 있는 초·중등학교 정보통신기술교육 운영지침(2005)의 단계별지도내용과 미국 컴퓨터 학회(ACM)와 미국 정보과학 교사 협회(CSTA)가 공동 연구하여 제시한 정보과학 교육 표준(National Standards for K-12 Computer Science Standards)의 세부 주제를 반영하였다[4][19].



(Fig. 2) Detailed subject selection process

다만 전 영역에 대한 퍼즐을 본 연구과정에서 모두 구현할 수 없으므로 해당 영역과 주제들 중 현장적용 및 퍼즐구현 가능성이 높은 주제들을 우선 제작하여 연구를 진행하였다. 특히 위에 선정된 학습 주제들은 2012년 이래로 ○○교육대학 등 국내 몇몇 교육대학교에서 예비교사들을 대상으로 실제 교육되고 있을 만큼 예비교사를 대상으로 한 컴퓨터과학교육 내용으로서 적합도와 타당도를 인정받은 내용이다.

이렇게 선정된 학습 주제별 세부제재 72개를 바탕으로 32차시 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용을 교육하였다. 차시별 시간 배분과 구성 순서는 선정된 세부 교육 주제들 간의 연계성과 연속성 및 난이도를 종합적으로 고려하여 지도하였다. 세부 학습주제 및 주제별 퍼즐 제재는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Study subjects and Puzzles teaching materials

학습주제	주제별 퍼즐 제재
I. 수 체계	1. 2진수 (1) 포수 사인 (2) 생수 개수 알아내기 (3) 짝 짓기 게임
	2. 진수변환 (4) 자전거 페달 돌니 이동 수 구하기 (5) 쪽지 내용 맞추기 (6) 0과 1로 표현된 전화번호 맞추기 (7) 전구가 켜지도록 하자.
	3. 문자표현 (8) 로그인에 성공하려면 (9) 일반의 나이는? (10) 비커 내용물 교환하기
	4. 부울대수 (11) 과일 옮기기 (12) 최종 식사 메뉴는? (13) 숫자로 표현된 컴퓨터 암호 맞추기
II. 데이터 표현	6. 이미지 표현 (14) 점으로 메시지 표현하기 (15) 다양한 방법으로 그림 그리기 (16) 그래프
	7. 그래프 (17) 이동 경로 표로 나타내자. (18) 짝 짓기 (19) 페인트를 아끼자. (20) 시간표 작성하기
	9. 프로그래밍 (21) 로봇이 되어보자(1) (22) 로봇이 되어보자(2) (23) 로봇 명령을 만들자. (24) 최소의 개수로 거스름돈 주기 (25) 이익이 크게 곡물 선택하기
	10. 탐욕 알고리즘 (26) N-여왕 문제 (27) Up & Down 게임 (28) 트리오미노 퍼즐 (29) 쌀자루 적게 사용하기 (30) 많은 보물을 차지하자.

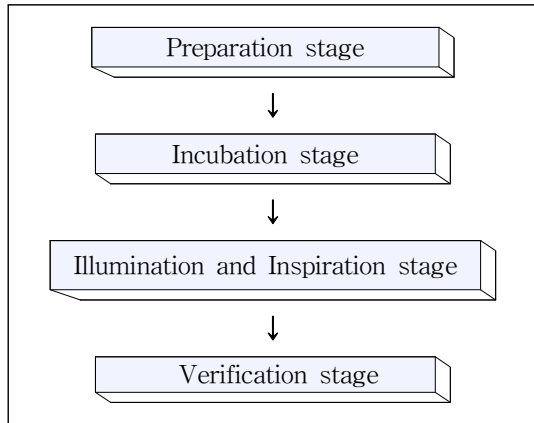
IV. 자료 구조	14. 배열 (31) 공연장 입장 순서 찾기 (32) 주차 공간 찾기
	15. 스택과 큐 (33) 주차장에서 차 빼기 (34) 구슬 순서를 바꾸는 마술상자
	16. 정렬 (35) 공을 무게 순으로 배열하자. (36) 카드 찾기(1) (37) 카드 찾기(2)
	17. 탐색 (38) 놀이기구 배정하기(1) (39) 놀이기구 배정하기(2) (40) 마법의 문을 열어라! (41) 마법의 수를 만들어라
	18. 해싱 (42) 7과 16의 위치를 찾아라! (43) 이진탐색트리를 만들자.
	19. 트리 (44) 물 주전자 문제 (45) 선교사와 식인종 문제
	20. 이진 탐색트리 (46) 최고 우선 탐색 (47) 네 개의 보물상자를 가져가자. (48) 일곱 개의 보물상자를 가져가자. (49) ISBN (50) 주민등록번호 (51) 고객 서비스 순서 정하기
	21. 트리탐색 (52) 장독 관리하기 (53) 출입 날말로 원래 날말 맞추기 (54) 반복되는 표현 줄여 쓰기 (55) 문장 압축하기 (56) 외계 문자인가? (57) 빨리 해독해야 해!
	22.최고 우선 탐색 (58) 잘못된 색상의 정사각형을 찾아라! (59) 하드디스크에 저장된 정보를 복구하라! (60) 계승 (61) 1년 뒤 토끼 쌍 수 구하기 (62) 피보나치수열 (63) 원관 2개 옮기기 (64) 원관 3개 옮기기 (65) 하노이 탑 (66) 캠프 기회를 잡아라! (67) 보물이 든 방을 찾아라!
	23.최소 신장 트리 (68) 공평하게 나누자. (69) 박물관 가는 빠른 길 찾기 (70) 델리까지 빨리 가야 해! (71) 숨은 단어 찾기(1) (72) 숨은 단어 찾기(2)
24. 프로세스 스케줄링	
25. 파일관리	
V. 보안 및 압축	26. 압축
	27. 암호
	28. 패리티비트
	29. RAID
VI. 문제 해결	30. 재귀
	31. 소수
	32. 최대공약수
	33. 최단경로
34. 문자열매칭	

3.4 창의적 산출물 생산을 위한 퍼즐 교육 단계

Gw. Wallas(1926)는 창의성 산출물을 얻기 위한 4단계 과정을 (Fig. 3)과 같이 소개하였다.

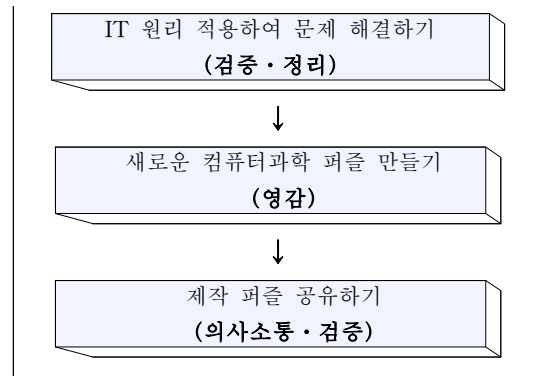
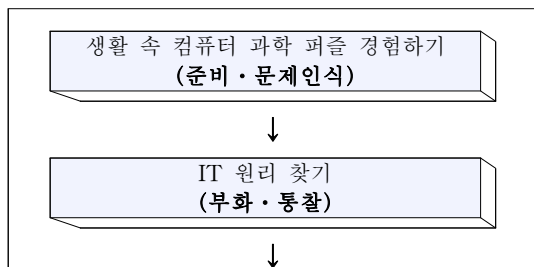
준비단계(preparation stage)에서 문제를 인식하고 원인을 찾아 문제해결활동을 시작하고 부화단계(incubation stage)에서 과거에 학습한 지식과 새로운 정보를 연결하며 통찰·영감단계(illumination and

inspiration stage)에서 머릿속에서 번득이는 생각을 잡아내며 검증·정리단계(verification stage)에서 최종적으로 획득한 아이디어의 타당성 및 가능성 여부를 검증하고 그 결과에 따라 완전한 아이디어로 정리한다고 하였다[20].



(Fig. 3) Gw. Wallas's creative thinking process

또한 Csikszentmihalyi(1996)는 창의성 산출물과 관련하여 사회·문화적인 역할의 중요성을 언급하며 결과물을 어떻게 평가할 것인지 논의하는 ‘의사소통’ 및 ‘인정’의 단계를 추가시켰다. 그리고 Arthur, J. Cropley는 학습자의 성향적 요인을 고려하여 준비단계를 추가하여 준비, 정보, 부화, 조명, 검증, 의사소통, 인정 7단계로 창의성의 단계를 제시하였다[21]. 또한 오정철(2014)은 이를 바탕으로 (Fig. 4)와 같이 창의적 산출물 생산을 위한 퍼즐 기반 학습 내용 구성 5단계를 설정하였다[7]. 본 논문의 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용도 아래의 5 단계에 따라 교육하였다.



(Fig. 4) Five-phase Puzzles education program

3.5 퍼즐을 통한 컴퓨터과학 교육 지도방향

Anabela는 프로그래밍 언어가 학습자의 흥미를 고려하지 않고 특정인들의 전문적 사용을 전제로 한 복잡한 구문으로 이루어진 점을 프로그래밍 학습의 어려움으로 제시하였다[22]. 또한 Tony는 프로그래밍이 어려운 이유를 프로그래밍 자체의 어려움과 학습자의 문제해결력 및 수학적 능력의 부족으로 보았으며 Linda는 프로그래밍 문법, 언어의 구조, 논리 전개가 상당 부분을 차지하기 때문이라고 하였다[23][24].

장정아(2009)는 이러한 프로그래밍 교육의 한계를 극복하기 위한 방법으로 가장 적합한 도구로 퍼즐을 제안하였으며 프로그래밍 학습에서의 프로그래밍 언어와 퍼즐의 차이점을 <Table 5>와 같이 비교하였다[6].

<Table 5> Comparison of programming languages and puzzle

프로그래밍 학습의 요소	프로그래밍 언어	퍼즐
언어의 제한	모국어가 아닐 경우 학습의 어려움이 가중됨	언어의 제한을 받지 않음
문법의 습득	문법 습득이 전제되어야 함	이해 가능한 규칙으로 구성
학습 주도의 주체	교수자 및 교재	학습자
집중도 및 흥미도	대체적으로 낮음	장시간 유지 가능

또한 김종혜(2008)는 창의력 문제해결력의 인지적 요소를 <Table 6>와 같이 문제해결능력과 창의력 구성요소를 교차하여 제시하였다[5].

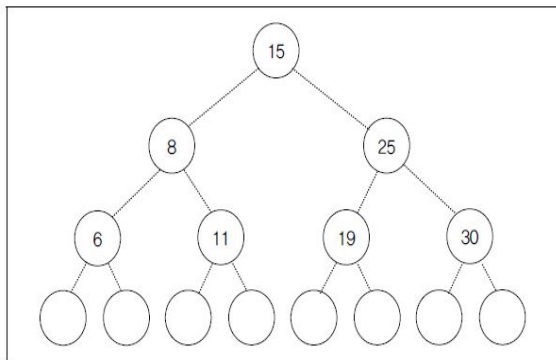
<Table 6> The cognitive elements of creative problem solving

창의적 문제해결력의 인지적 요소
▶ 문제 이해 및 분석: 정교성, 민감성, 재구성력
▶ 문제 해결 방안 탐색: 유창성, 융통성, 독창성
▶ 문제 해결 방안 설계·구현: 정교성
▶ 평가: 융통성, 정교성

본 논문에서도 같은 맥락에서 학습자가 문법구조나 내용의 생소함으로 인한 인지적 측면에 부담 없이 퍼즐을 풀면서 컴퓨터과학의 효과적인 문제해결과정을 경험할 수 있도록 지도하였다. 또한 컴퓨터과학 학습주제별 난이도에 따라 발문 빈도와 형태, 제재의 투입시간, 설명 방법 등을 조절하며 학습자에게 창의적 사고의 기회를 제공하였다.

예를 들어 <Table 4>의 학습 주제 ‘20.이진 탐색트리’의 학습주제를 표현하기 위해 사용된 퍼즐 제재 ‘(42) 7과 16의 위치를 찾아라!’는 (Fig. 5)와 같이 신밧드 이야기의 한 장면 속에 문제 상황을 제시하고 제시된 상황 속에서 특정 규칙을 찾아 단계별로 퍼즐을 해결하도록 하였다. 그리고 그러한 과정 속에서 학습주제인 이진 탐색트리의 효율적인 데이터 구조를 경험하게 하였다.

두 번째 문을 통과한 신밧드는 7과 16이 적힌 두 개의 돌을 비어있는 원에 제대로 위치시켜야 열리는 문에 도착했다.



(Fig. 5) Puzzles teaching materials 42

이와 같이 학습주제를 담기 위해 사용된 주제별 제재는 학습주제를 효과적으로 표현하면서 동시에 학습자가 쉽게 접근할 수 있는 이야기나 특정 상황 속 퍼즐 형식

으로 제시하였다. 그리고 각 제재별로 [준비·문제인식], [부화·통찰], [검증·정리], [영감], [의사소통·검증]의 5단계를 거쳐서 퍼즐을 해결하며 그 과정 속에서 학습자의 문제해결력을 증진시키고 창의적 사고 과정을 경험할 수 있도록 지도하였다.

4. 퍼즐 기반 학습 내용 적용 및 결과 분석

4.1 연구대상 및 검사방법

본 연구에서 개발한 학습 내용을 초등 예비교사인 제주대학교 초등교육과 학부생 2학년 31명을 대상으로 실시하였다. 학습 주제와 내용은 앞서 설명한 바와 같으며 한 학기(2013년 3월~7월) 동안 2시간 연차시 수업으로 총 16회 실시하였다.

<Table 7> Number of cases in the study group

항목	연구대상	N(명)
성별	남성	14
	여성	17
	계	31

퍼즐 기반 학습 내용을 적용한 후 객관적 검증을 통해 확인하고자 하는 영역은 창의성 신장 여부이며 이를 확인하기 위해 Torrance의 TTCT(도형)검사 A형과 Torrance의 TTCT(언어) 검사 A형을 사전검사로 실시하였으며 동형검사이인 Torrance의 TTCT(도형) 검사 B형과 TTCT(언어) 검사 B형 사후검사로 각각 실시하였다.

TTCT(Torrance Tests of Creative Thinking) 검사도구는 2001년에서부터 2012년까지의 국내 창의성 관련 연구에서 가장 많이 사용된 검사도구로 컴퓨터 교육 연구 분야에서는 주로 TTCT(도형) 검사를 사용해 왔다[8]. 그러나 프로그래밍 활동이 TTCT(도형) 검사 과제활동과 ‘사고의 양식’이 같다는 것은 설명하지 못하였다[9][10].

또한 김병수(2013)는 프로그래밍 활동에서 추상화의 학습은 단어와 기호의 조합으로 사용자의 심성모델을 코드로 바꾸는 문제 해결 과정 자체에서 나타나게 되기 때문에 이러한 사고활동은 오히려 언어 창의성에 가깝다고 보았다[11].

따라서 본 연구에서는 컴퓨터과학 교육을 위한 퍼즐

기반 학습 내용의 교육적 효과를 확인하기 위해 TTCT(도형) 검사(김영채의 한국 번역판)와 더불어 TTCT(언어) 검사를 함께 실시하였다.

4.2 연구결과

4.2.1 TTCT(도형) 창의성 검사결과

TTCT(도형) 검사결과는 TTCT(도형) A, B형 검사지의 응답결과를 바탕으로 SPSS 14.0을 이용하여 유의수준 $p=.05$ 와 $p=.01$ 로 대응표본 t검증하였다. TTCT(도형) 창의성 각 요소별 검사결과는 <Table 8>과 같다.

<Table 8> TTCT figural test results

영역	실험 치치	N	평균	표준 편차	t	유의 확률
유창성	사전	31	119.13	15.55	1.141	.263
	사후	31	117.74	14.03		
독창성	사전	31	114.77	9.99	-9.914	.000**
	사후	31	133.52	14.04		
제목의 추상성	사전	31	115.06	11.85	-9.931	.000**
	사후	31	129.26	13.36		
정교성	사전	31	116.90	20.27	-4.020	.001**
	사후	31	127.22	17.67		
성급한 종결에 대한 저항	사전	31	123.32	15.91	.677	.503
	사후	31	121.61	14.23		
창의성 지수	사전	31	115.61	10.63	4.944	.000**
	사후	31	128.58	12.33		

* $p<.05$, ** $p<.01$, N: 사례수

검사 결과를 살펴보면 사전·사후 검사결과 독창성 $p=0.000(p<.01)$, 제목의 추상성 $p=0.000(p<.01)$, 정교성 $p=0.001(p<.01)$, 창의성 지수 $p=0.000(p<.01)$ 으로 총 6개의 도형 창의성 검사영역 중 4개의 영역에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다.

4.2.2 TTCT(언어) 창의성 검사결과

TTCT(언어) 검사도 TTCT(언어) A, B형 검사지의 응답결과를 바탕으로 SPSS 14.0을 이용하여 유의수준 $p=.05$ 와 $p=.01$ 로 대응표본 t검증하였다. TTCT(언어) 창의성 각 요소별 검사결과는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> TTCT verbal test results

영역	실험 치치	N	평균	표준 편차	t	유의 확률
유창성	사전	31	116.38	14.56	-1.893	.521
	사후	31	115.90	15.49		
융통성	사전	31	114.26	5.98	-3.400	.002*
	사후	31	121.68	11.61		
독창성	사전	31	111.52	7.86	-4.293	.000**
	사후	31	120.55	11.43		
창의성 지수	사전	31	110.38	7.23	-3.980	.000*
	사후	31	118.45	9.16		

* $p<.05$, ** $p<.01$, N: 사례수

TTCT(언어) 검사결과를 살펴보면 사전·사후 검사 결과 융통성 $p=0.002(p<.01)$, 독창성 $p=0.000(p<.01)$, 창의성 지수 $p=0.000(p<.01)$ 으로 총 4개의 언어 창의성 검사 영역 중 3개의 영역에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

위의 내용을 바탕으로 창의성 검사 결과를 분석해 보면 본 연구를 통해 개발한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용은 언어 창의성의 하위 요소인 융통성, 독창성, 창의성 지수와 도형 창의성의 하위 요소인 독창성, 제목의 추상성, 정교성, 창의성 지수에서 유의미한 증진 효과를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

즉, 본 연구에서 개발된 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용이 창의적 사고 과정을 요구하는 활동이며 이러한 창의적 사고 과정이 언어 창의성과 도형 창의성 모두에 긍정적 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존에 전문가 중심의 기술적인 컴퓨터 교육에서 벗어나 컴퓨터과학의 본질적인 문제해결 능력과 창의성을 경험하고 익힐 수 있는 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용을 개발·적용하고 그 효과를 입증하고자 하였다. 이를 위해 국내의 연구사례를 검토하였고 학습 내용의 타당도를 높이고, 질적 수준을 담보하기 위해 학습 내용 선정, 교수·학습자료 개발, 학습설계 등의 제작과정에서 현장과 대학에 있는 컴퓨터교육전문가 집단과 공동연구 및 협의 과정을 거쳤다.

이와 같은 과정을 거쳐 개발된 퍼즐 기반 학습 내용

을 4개월간 32차시에 걸쳐 예비초등교사 31명에게 적용하였다.

그 결과, 본 학습 내용으로 교육한 학생들의 언어 창의성 하위 요소(융통성, 독창성, 창의성 지수)와 도형 창의성 하위 요소(독창성, 제목의 추상성, 정교성, 창의성 지수) 모두에서 유의미한 증진 효과를 확인 할 수 있었다. 이상의 결과를 바탕으로 퍼즐 기반 학습 내용이 컴퓨터에 대한 전문지식이 없는 일반인들에게도 정보과학적 사고력과 창의성 신장에 긍정적인 변화를 가져 올 수 있음을 확인하였다.

이에 본 연구에서 개발한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용은 다음의 시사점을 갖는다.

21C 정보화시대를 살아가는 현대인들에게 정보통신 기술에 대한 이해는 필수적이지만 컴퓨터 지식이 없는 일반인들은 쉽게 다가가기 어려운 부분이 많다. 하지만 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용은 어려운 컴퓨터 이론 대신 퍼즐을 통해 쉽고 재미있게 컴퓨터과학 원리와 내용을 경험하고 이해할 수 있게 하여 컴퓨터과학 교육 대중화에 기여하는 또 하나의 방법이 될 수 있다.

6. 제언

본 연구의 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습을 대중화하고 그 효과를 극대화하기 위해서는 현장 적용이 필수적이며 이를 위한 첫 단계로 초등·중등·고등학교 현장에 단계별로 적용해 봄으로써 교육 내용의 적합도와 적절성을 높일 필요가 있다. 또한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 학습 내용이라는 새로운 교육내용을 효과적으로 전달하기 위한 교수·학습방법에 대한 연구도 추가적으로 필요하다.

또한 본 실험에서 실험집단의 창의성 변화가 온전히 퍼즐의 속성에서 기인한 것인지 아니면 컴퓨터과학의 교육 과정에 포함된 내용에서 기인한 것인지를 확인하기 위한 추가 연구도 필요하다. 즉 동일 컴퓨터과학 내용을 실험집단은 퍼즐 형식으로 교육하고 비교집단은 일반 교육 형식으로 교육하여 실제 퍼즐이 갖는 속성에 따라 증진되는 창의성의 변화 정도를 확인해 볼 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Kim Byeongsu, Kim Jonghun(2012). Design and Application of Learning Algorithms based on Computational Thinking for Changes in Prospective Elementary School Teachers' Perceptions about Computer Science. *The Journal of Korea Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, 24(4), 528-542.
- [2] Kim Jami, Lee Wongyu(2010). A Study on the Identity of Information Subject from a Perspective of Subject matter Education. *The Journal of Korea Association of information education*, 14(2), 219-227.
- [3] Ministry of Education(2011). Middle school curriculum choice curriculum. Seoul.
- [4] Ministry of Education(2005). 2005 Information and Communication Technology Education Operating Guidance.
- [5] Kim Jonghye, Jeong Hoegang, Kim Hanseong, Kim Hyeoncheol, Lee Wongyu(2008). Cognitive Components Definition of Creative Problem-Solving Ability in Informatics Education. *The Journal of Korean association of computer education*, 11(2), 1-12.
- [6] Jang Jeonga(2009). A Study on the puzzle as utilization and effectiveness of Teaching and Learning in education, information tools. Korea University Graduate School.
- [7] Oh Jeongcheol, Kim Jaehyeong, Kim Jonghun(2014). Development and Application of Primary Puzzle-Based Learning Program for Computer Science Education. *The Journal of Korea Association of Computer Education*, 17(3), 11-13.
- [8] Jung Miin, Jeong Hyein, Jeong Seyeong, Kim Yeongchae(2013). An Integrative Analysis of the Creativity Researches Performed During 2001-2012. *Thinking development*, Kim Jonghun, 9(1), 1-26.
- [9] Lee Taeuk(2006). A Study on the Development of Creativity in Elementary School Through Micro-Robot Education. Master's thesis, Jeju

National Univ. of Education.

[10] Lee Minhui(2009). Effects of a Programming Class Using Dolittle on Enhancing Creativity, Problem Solving Ability, and Interest in Programming. Master's thesis, Jinju National Univ. of Education.

[11] Kim Byeongsu, Kim Jonghun(2013). Education Curriculum and Instruction: Effects of Scratch Programming Learning based on CPS on Verbal Creativity. *The Journal of Korean association of computer education*, 16(6), 11-19.

[12] Wing. J. M.(2006). Computational Thinking. *Communication of ACM*, 49(3), 33-35.

[13] Kramer, J.(2007). Is abstraction the key to computing?. *Communications of the ACM*, 50(4), 36-42.

[14] Wing, J. M.(2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725.

[15] CS4FN(Computer Science for Fun). <http://www.cs4fn.org/computationalthinking/index.php>.

[16] Anany Levitin, Mary-Angela Papalaskari(2002). Using puzzle in Teaching Algorithms, SIGCSE'02 Communications of the ACM.

[17] Zbigniew Michalewicz, Nickolas Falkner, Raja Sooriamurthi(2010). Puzzle-Based Learning for Engineering and Computer Science.

[18] Zbigniew Michalewicz, Nickolas Falkner, Raja Sooriamurthi, Puzzle-Based Learning(2011). An Introduction to Critical Thinking and Problem Solving. *Decision Line*, 42(5), October, 2011, 6.

[19] ACM(2011). CSTA K-12 Computer Science Standards: The CSTA Standards Task Force.

[20] Wallas, G.(1926). *The Art of Thought*, Harcourt Brace.

[21] Csikszentmihalyi, M.(1996). *Creativity : How and the psychology of discovery and invention*. Harper collins.

[22] Anabela Gomes & Antonio Jose Mendes(2007). An environment to improve programming education.

In International Conference on Computer system and Technologies-CompsysTech 07. ACM.

[23] Tony Jenkins(2002). On the difficulty of learning to program. In 3rd annual Conference of LTSN-ICS, Loughborough.

[24] McIver. L & D.M Conway(1996). Seven deadly sins of introductory programming language design. In *Proceedings of Software Engineering: Education & Practice*. IEEE Computer Society Press.

저자소개



오 정 철

2008 제주대학교 초등컴퓨터교육 전공(교육학석사)
 2010~현재 제주대학교 컴퓨터교육전공 박사수료
 관심분야: 퍼즐 기반 학습, 정보과학적사고
 e-mail: lov0502@naver.com



김 종 훈

1998 홍익대학교 전자계산학과 (이학박사)
 1999~현재 제주대학교 초등컴퓨터교육 전공 교수
 관심분야: 컴퓨터교육
 e-mail: jkim0858@jejunu.ac.kr