

초등학생의 컴퓨팅 사고력 신장을 위한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 수업모형 및 프로그램 개발

오정철 · 김종훈[†]
(제주대학교)

A Development of a Puzzle-Based Computer Science Instruction Model and Learning Program to improve Computational Thinking for Elementary School Students.

Jung-Cheul OH · Jonghoon KIM[†]
(Jeju National University)

Abstract

The purpose of this study is to develop a Puzzle-Based Computer Science Instruction Model and Learning Program and to confirm the effects. To do so, we selected 2 classes with a similar level of pre-computational thinking in elementary schools in the Jeju Province. After that, from 2 classes, we designated the 5th grade students in 'D' elementary school as group A and designated students of the same grade in 'J' elementary school as group B. In a total of 28 sessions during an 18 week period, a Puzzle-Based Computer Science Learning Program was used with 31 students in group A, and the traditional computer science course was used with 25 students in group B. The results showed that there were significant improvements in computational thinking, which is computational cognition and its creativity, of the students in group A compared to students in group B. Also, this study proved that the Puzzle-Based program correlated with positive changes group A students' Science-Related Affective Domain. In this paper, on the basis of proven effectiveness, we introduce the Puzzle-Based Computer Science Instruction Model and Learning Program as an alternative to traditional, computer science education.

Key words : Computational thinking, Puzzle-based learning, Puzzle-based computer science instruction model, Learning cycle, CE-LC(Creative exploration-based learning cycle)

I. 서론

정부는 21세기를 SW중심사회라 보고 SW가 혁신과 성장, 가치창출의 중심이 되며 개인·기업·국가의 경쟁력을 좌우하게 될 것으로 예상하고 다양한 분야에서 SW와의 연계 및 기반 구축을 위

한 적극적인 노력을 하고 있으며 대형 온라인 강좌 등 지식 접근성 향상을 위한 컴퓨터기반 환경 조성에도 심혈을 기울이고 있다(Gyun HEO, 2015). 2015년부터 전국 초·중·고 총 160개 학교를 SW교육 선도학교로 선정 운영하였고 2017년부터 중학교는 두 학기에 걸쳐 주당 한 시간씩 총 34

[†] Corresponding author : 064-754-4913, jkim0858@jejunu.ac.kr

※ 이 논문은 2016학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.

시간씩, 고등학교에서는 ‘정보’과목을 일반 선택 과목으로 편성하고, 2018년부터 초등학교 5~6학년에서 한 학기 동안 17시간 이상씩 편성하는 등 초·중·고등학교 전 과정에 걸쳐 체계적인 교육을 받을 수 있도록 SW교육과정을 대폭 강화하였다(Ministry of Education, 2014). 그리고 소프트웨어 산업 경쟁력이 강조되면서 창의성 신장을 위한 프로그래밍 교육에 대한 관심 역시 높아지고 있다(Youngho SEO, 2016).

이러한 SW교육에 대한 강화는 비단 우리나라 뿐만 아니라 전 세계 IT선진국들의 공통적인 흐름이다. Minseok Lee(2015)와 Hyeon Cheol Kim(2014)에 따르면 미국은 국가적 차원에서 코딩을 적극지원하고 있으며 영국도 2014년을 ‘코드의 해’로 지정하여 코딩과목을 필수과목으로 지정하였고 1994년 이스라엘 SW교육 정규교육과정 포함, 2009년 일본 SW교육 필수과목 지정, 2014년 핀란드 코딩학교 전국 확대 등 전 세계 IT선진국들도 SW교육에 적극적인 투자를 하고 있다.

본 연구에서는 이러한 세계적인 SW교육 흐름과 국내 SW교육 방향에 맞춰 초등학교의 컴퓨팅 사고력 신장을 위한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 수업 모형과 프로그램을 개발하여 초등학교 5학년 2학급을 대상으로 한 학기 동안 20주제, 28차시를 교육하였다. 선행 연구를 바탕으로 추출한 컴퓨터과학의 핵심 개념 및 알고리즘 20가지를 바탕으로 만들어진 60개의 퍼즐을 해결하는 과정 속에 다양한 문제해결 프로세싱을 함축시켜 컴퓨팅 사고력의 세부 요소들을 경험하게 하였다. 이러한 반복적인 컴퓨팅 사고력 프로세싱 훈련을 통해 컴퓨터과학 개념과 원리를 쉽게 이해함은 물론 컴퓨팅 사고력 역량을 향상시킬 수 있는 방법을 연구하고 그 효과를 검증하였다.

II. 이론적 배경

1. 컴퓨팅 사고력의 개념과 특성

컴퓨팅 사고력(Computational Thinking, CT)는 Seymour Papert(1996)가 기하학적 아이디어 생성을 위한 접근방법으로 처음 사용하면서 우리에게 소개되었고 그 후 Wing에 의해 알려지게 되었다. Wing(2006)은 컴퓨팅 사고력이 컴퓨터과학의 기본 개념을 바탕으로 컴퓨터과학자처럼 사고하여 문제를 해결하는 것으로 3R(Reading, wRiting, and aRithmetic)과 더불어 21세기를 살아가는 모든 학습자들이 갖추어야 할 기본 소양이라고 주장하였다.

그리고 Wing(2008)은 컴퓨팅 사고력(CT)의 핵심 구성 요소를 문제를 모델링하는 추상화 능력과 모델링된 문제를 기계화시키는 자동화 능력으로 보고 이러한 사고 능력과 타학문 분야에서 다루는 사고 능력과의 차이를 명확히 구분하였다.

CSTA & ISTE(2011)는 700여명의 컴퓨터과학 교사, 연구원 및 실무자들의 설문문을 통해 컴퓨팅 사고력의 특성을 포함하는 문제해결 과정이라고 조작적 정의를 내렸다. 그리고 <Table 1>과 같이 컴퓨팅 사고력 문제해결 요소를 자료 수집, 자료 분석, 자료 표현, 문제 분해, 추상화, 알고리즘과 절차, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화 9가지로 구분하였다. 또한 이 9가지 요소들은 특정 위계나 절차를 갖는 것은 아니며 항상 모두 포함되는 것은 아니라고 보았다.

또한 ByeongSu Kim(2012)는 계산적 사고를 일종의 분석적 사고로 보았고 Code.org(2014)에서는 컴퓨팅 사고력은 컴퓨터과학자들이 문제를 다룰 때 디지털 방식으로 해결하는 일종의 문제해결방법이라고 정의하였다. 그리고 다루기 어려운 문제를 해결하기 위해 각각을 작고 쉬운 단계로 나누는 분해, 여러 문제들을 분석하여 서로의 유사점을 찾는 패턴매칭, 다양한 문제에 활용할 수 있는 문제해결방법을 만들기 위해 세부사항을 생략하고 일반화시키는 추상화, 그리고 일련의 문제해결과정을 하나의 체계로 정리하는 알고리즘

으로 나누어 문제를 해결하도록 하였다.

<Table 1> Computational Thinking Component

CT Component	CT Definition
Data Collection	DC The process of gathering appropriate information
Data Analysis	DA Making sense of data, finding patterns, and drawing conclusions
Data Representation	DR Depicting and organizing data in appropriate graphs, charts, words, or images
Problem Decomposition	PD Breaking down tasks into smaller, manageable parts
Abstraction	Ab Reducing complexity to define main idea
Algorithms & Procedures	Al Series of ordered steps taken to solve a problem or achieve some end.
Automation	Au Having computers or machines do repetitive or tedious tasks.
Simulation	Si Representation or model of a process. Simulation also involves running experiments using models.
Parallelization	Pa Organize resources to simultaneously carry out tasks to reach a common goal.

2. 퍼즐을 통한 컴퓨터과학 교육

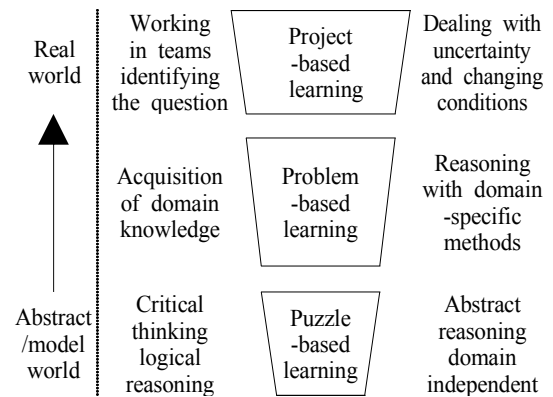
컴퓨터과학 교육에서 컴퓨팅 사고력을 기르는 대표적인 교육영역인 프로그래밍 교육은 학습자에게 교육하는 데 어려움이 있다. Jung-Sook OH(2013)에 따르면 컴퓨터교육 관련 물리적인 설비는 만족스러운 수준으로 향상되었으나 교육내용적인 측면에선 어려움 부분이 남아있다.

Linda(1996)는 프로그래밍 문법, 언어의 구조, 논리 전개가 상당 부분을 차지하기 때문에, Tony(2002)는 프로그래밍 자체의 어려움과 학습자의 문제해결력 및 수학적 능력의 부족에서, Anabela(2007)는 특정인들의 전문적 사용을 전제로 이루어진 복잡한 구문 때문에 프로그래밍 학습에 어려움이 있다고 보았다.

이러한 프로그래밍 학습에 어려움을 극복하기 위한 하나의 방법으로 퍼즐을 통한 컴퓨터과학 교육이 연구되었다. Jeonga Jang(2009)은 초등 정

보교육에서 컴퓨팅 사고력 기반의 문제해결능력을 경험하기 위한 새로운 교수-학습 도구로 퍼즐 교육을 제안하였고 Anany Levitin(2002)는 동적 프로그래밍, 변환 등 알고리즘 설계 기법을 설명하기 위해 사용할 수 있는 몇 가지 퍼즐을 제시하면서 이러한 활동이 컴퓨터과학에 관련된 문제 해결에 도움이 된다는 것을 확인하였다.

그리고 Zbigniew Michalewicz(2008)는 컴퓨터과학과 공학을 위한 퍼즐 활용 교육을 연구하며 퍼즐 기반 학습(Puzzle-Based Learning, PBL)이란 용어를 사용하며 퍼즐 기반 학습(PBL)은 비판적 사고와 논리적 추론력 신장을 위한 새로운 교육 모델로써 학생들에게 실질적인 기술을 제공한다고 하였다. 또한 Zbigniew Michalewicz(2010)는 퍼즐 기반 학습의 궁극적인 목표를 현실 세계에서 효과적으로 문제를 해결하기 위한 학생들의 지식 기반을 마련하는 것이라 보고 [Fig. 1]과 같이 실세계의 문제해결을 위한 기술과 학습의 연속체를 제시하였다.



[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. 순환 학습

고전적 순환 학습(Learning Cycle)은 1950년대 초반 Dewey(1933)의 반성적 사고과정을 바탕으로 Heiss, Obourn, Hoffman이 제시한 순환 학습모형

에서 찾을 수 있다. 그리고 현대적 순환 학습 모형은 초등과학교육프로그램 완성을 목표로 1950년 후반부터 1960년대 초반에 걸쳐 캘리포니아 대학 버클리 캠퍼스에서 진행된 SCIS(Science Curriculum Improvement Study) 프로그램 개발자인 Karplus(1977)에 의해 도입되었다.

Karplus(1977)는 Piaget(1952)의 인지 발달 이론을 바탕으로 관찰 및 실험과 같은 탐구활동을 통해 학생 스스로 새로운 개념을 탐색하고 발견할 수 있도록 유도하는 탐색단계와 탐색 단계에서 발견한 내용에 기초하여 새로운 개념을 도입하는 개념 도입 단계, 그리고 학습한 개념이나 원리를 새로운 상황에 적용하는 개념 적용 단계로 구분하였다. 특히 Karplus(1977)는 순환학습에서 탐색 단계를 새로운 문제 상황에서 학생들이 스스로 문제에 내재된 규칙성을 발견하는 핵심적인 단계로 보았다.

Karplus 이후 순환학습은 Lawson(1989)에 의해 광범위하게 사용되고 정교화 되는데 순환학습 과정에서 적용하는 사고의 유형에 따라 서술적, 경험·귀납적, 가설·연역적 순환학습으로 구분하고 Piaget(1952)가 제시한 인지발달 단계의 마지막 두 단계인 구체적 조작기와 형식적 조작기를 경험·귀납적 사고 유형기와 가설·연역적 사고 유형기라고 정의하고 그 시기에 적합한 교사와 학생의 활동을 구분하였다. 이에 따르면 초등학생 단계에서는 서술적, 경험·귀납적 순환학습이 적합하며 탐색 단계에서 교사와 학생들이 좀 더 활발히 이루어질 수 있도록 활동 내용과 범위를 확대·강화할 필요가 있다.

4. 창의적 문제 해결 모형(CPS)

CPS(Creative Problem Solving)는 Graham Wallas(1926)가 창의적 산출물을 얻기 위한 준비, 부화, 조명, 검증의 4단계 과정을 소개하는 것으로 시작되어 여러 학자들에 의해 현재까지 꾸준히 연구되어 왔다.

Osborn(1953)에 의하면 CPS는 ‘창의적 문제해결’ 또는 ‘창의적 문제 해결 접근법’을 의미하며 여기서 말하는 창의적 문제란 비구 조화된 문제로 문제 해결의 설계와 해결책을 스스로 찾거나 창의적으로 설계하여 해결할 수 있다. Richard Fobes(1993)은 창의적 문제해결은 어떤 문제를 해결하기 위한 창의적인 해결법을 만들어내는 과정으로 독립적인 문제 해결 과정 안에서 인지적 사고, 지식·동기적 요인 등의 상호작용이 나타날 수 있고 이러한 창의적 문제해결 단계는 이전의 과정을 기반으로 계속 순환된다고 보았다. 그리고 Csikszentmihalyi(1996)은 Wallas의 CPS 4단계 과정에 사회·문화적인 역할의 중요성을 강조하며 결과물을 어떻게 평가할 것인지 논의하는 ‘의사소통’ 및 ‘인정’의 단계를 추가하여 준비, 부화, 조명, 검증, 의사소통, 인정 6단계의 CPS 모형을 제시하기도 하였다.

Ⅲ. 퍼즐 기반 학습 프로그램 설계

1. 연구의 개요

Dai&Chen(2013)은 교육을 위한 일반적인 접근을 ‘What’, ‘Why’, ‘Who’, ‘How’ 4가지 요인의 관계로 설명하였다. 교육의 패러다임은 교육의 목적(Why)과 교육 대상(Who)을 바탕으로 교육 대상에게 교육 목적을 실현할 수 있는 알맞은 교육 내용(What)과 그 교육 내용을 효과적으로 전달할 수 있는 교육 방법(How)이 유기적으로 연결되어야 한다고 보았다.

본 연구에서도 초등학생들의 컴퓨팅 사고력 증진이라는 교육 목적을 달성하기 위해 국내외 관련 문헌 연구를 통해 컴퓨터과학의 핵심 내용을 선정하고 이를 효과적으로 전달하기 위한 학습 모형을 설계하였다. 그리고 프로그램 투입 후에 학습자의 컴퓨팅 사고력 변화를 확인하기 위하여 컴퓨팅 인지력검사(ByeongSu Kim, 2014)와 컴퓨팅 창의성(Young Chae Kim, 2002)검사, 과학에

관한 정의적 특성 검사(HyoNam Kim, 1998)를 실시하고 그 결과를 바탕으로 학습모형 및 프로그램을 보완·개선하였다.

특히 기존 연구에서 실험 집단을 영재학급으로 한정하거나 자발적 지원 집단을 대상으로 하는 경우가 있었으나 Rosenthal & Rosnow(1975)은 이러한 지원자 표본에 의한 참여자들은 비지원자들에 의한 연구보다 학력, 사회계층, 지적 수준이 높을 수 있으므로 연구결과를 일반화하기에 한계가 있었다고 하였다.

이에 본 연구에서는 실험집단과 비교집단 모두 비지원자들인 J시 일반 초등학교 2개 학교에 5학년 3학급을 선정하여 사전 컴퓨팅 인지력검사와 컴퓨팅 창의성 검사를 결과 동질 영역이 많은 두 학급을 대상으로 실험집단과 비교집단을 선정하여 프로그램을 운영하였다.

2. 학습 내용

ByeongSu Kim(2014)은 소프트웨어의 인지 복잡도의 측정과 프로그래밍을 중심으로 한 컴퓨터 과학에서 핵심 주제 및 아이디어에 대한 관련 연구에서, Jeongcheol Oh(2014)는 컴퓨터과학 개론서의 교육 내용을 영역별로 분석하여 10대 공통 교육 영역을 <Table 2>와 같이 추출하였다.

<Table 2> Common areas and key topics on Computer Science Education

Key topics (ByeongSu Kim, 2014)	Common areas (Jeongcheol Oh, 2014)
Sequential structure, Conditional branching, parallel processing, repetition, variable, Random, algorithm, Object, function, Recursion	Base conversion, A logic circuit, Programming Language, algorithm, Data Structures, Database, Operating System, Security-Encryption, Network and communications, Multimedia

그리고 초·중등학교 정보통신기술 교육 운영지침 개정안(2005), 중학교 선택 교과 교육과정(2011), 미국 컴퓨터 학회(ACM, 2011)와 미국 정보과학 교사 협회(CSTA)가 공동 연구하여 제시

한 정보과학 교육 표준(2011)의 영역을 종합적으로 검토하여 <Table 3>과 같이 초등학생을 위한 컴퓨터과학 주요학습 주제를 8개씩 추출하였다

<Table 3> Elementary target computer science major study topic

Information and Communication Technology Education Operating Guidance (Step1~4, 2005)	CSTA K-12 (Level 1:K~6) (2011)	Middle School Curriculum choice (Information, 2011)
Numbers and letters expressing IO Algorithms to understand Information gathering and search Data Structure Numerical data processing Encryption and Security Understanding Programming	Binary representation Standard IO Algorithms to understand Search data -manipulation Sort Degradation problems Simulation Concept mapping	The binary representation (number, text) IO Algorithms to understand Quest Sort variable Control statements Programming Language

그리고 Jaemu Lee(2014)의 Rossett 모형을 사용하여 실시한 학습자 요구분석 결과로 나타난 교육 대상자의 과제에 대한 이해도와 흥미도, 사전 지식 등을 고려하여 최종 학습영역과 세부주제 선정 결과에 반영하였다.

또한 주제들의 학습 순서는 Bruner(1966)가 제시한 나선형 교육과정에 따라 학습자의 지식수준과 교육의 목적에 따라 지식이 점차 그 지식의 폭과 깊이가 더해지는 모양으로 구성하였다.

세부 주제별 IT퍼즐 구성은 <Table 4>와 같이 소주제별로 학생들이 퍼즐에 내재한 규칙성을 발견하며 컴퓨터과학 원리를 탐구하는 탐색퍼즐(Step1, Exploration Puzzle)단계와 발견한 원리와 관련 있는 컴퓨터과학 개념이나 원리를 도입하고 확인하는 적용퍼즐(Step2, Apply Puzzle)단계, 그리고 도입된 개념이나 원리, 사고형태 등을 새로운 문제 상황에 적용하고 확장시키는 응용퍼즐

(Step3. Application Puzzle)단계로 구성된다. 특히 응용퍼즐단계에서는 해결한 퍼즐을 수정하거나 유사 퍼즐을 개발해보는 나만의 퍼즐 만들기 (Step3-1. Create Puzzle)와 심화된 퍼즐을 해결하는 심화퍼즐(Step3-2. In-depth Puzzle) 중 선택하여 활동 할 수 있도록 하였다.

<Table 4> Details thematic puzzles sanctions

Study subjects		Thematic puzzles material
I. Data Representation	I -1. Binary system (80')	Step1. Catcher and pitcher
		Step2. Apple Cards
		Step3. Binary Clock
	I -2. Text representation (40')	Step1. Glass bottles write
		Step2. Strange phone number1
		Step3. Strange phone number2
	I -3. Image representation (40')	Step1. Image drawing number1
		Step2. Image drawing number2
		Step3. Image drawing number3
	I -4. Variable (40')	Step1. Inverted bottle
Step2. Add contents change on a plate		
Step3. The final meals		
II. Data Structures	II -1. Arrangement (80')	Step1. Find locker
		Step2. Finding hotel rooms1
		Step3. Finding hotel rooms2
	II -2. Stack (40')	Step1. Bead crafts
		Step2. Long Jump Rope order
		Step3. Eject CD
	II -3. Queue (40')	Step1. Bead crafts
		Step2. Long Jump Rope order
		Step3. Math sequence
	II -4. Tree (40')	Step1. Sineubadeu and the Magic Door1
		Step2. Sineubadeu and the Magic Door2
		Step3. Sineubadeu and the Magic Door3
	II -5. Binary Search Tree (40')	Step1. Find a location beads1
		Step2. Find a location beads2
		Step3. Find a location beads3
III. Algorithm	III-1. Programming (80')	Step1. Robot painting1
		Step2. Robot painting2
		Step3. Robot painting3
	III-2.	Step1. Gold and silver ax1
Step2. Gold and silver ax2		

Study subjects	Thematic puzzles material	
Function (40')	Step3. Gold and silver ax3	
III-3. Sort (40')	Step1. Aligning Ball1	
	Step2. Aligning Ball2	
	Step3. Aligning Ball3	
III-4 Divide and Conquer (40')	Step1. Mino Trio puzzle1	
	Step2. Mino Trio puzzle2	
	Step3. Mino Trio puzzle3	
III-5 Quicksort (40')	Step1. Sorting cards1	
	Step2. Sorting cards2	
	Step3. Sorting cards3	
III-6 Binary Search Algorithm (40')	Step1. Find a Card1	
	Step2. Find a Card2	
	Step3. Find a Card3	
III-7 Kruskal's Algorithm (80')	Step1. Moving Treasure Chest1	
	Step2. Moving Treasure Chest2	
	Step3. Moving Treasure Chest3	
III-8 Dijkstra's Algorithm (80')	Step1. Rides rides	
	Step2. Travel Planning1	
	Step3. Travel Planning2	
IV. Encryption and Security	IV-1. Parity bit (80')	Step1. Card flip tricks
		Step2. Moving stones
		Step3. Cross Puzzle
	IV-2. Encryption (80')	Step1. Caesar cipher
		Step1. Caesar cipher production
		Step3. Substitution cipher
	IV-3. Data compression (80')	Step1. Fit the compressed words
		Step2. Words to compression
		Step3. Compressing change number

3. 학습 모형 설계

본 연구에서는 창의적 문제해결 접근법, 순환 학습, 퍼즐기반학습, 컴퓨팅 사고력 관련 선행연구를 바탕으로 초등학생이라는 교육 대상의 인지 구조와 컴퓨터과학 분야의 새로운 개념학습이라는 교육내용의 특성에 집중하였다. 그리고 초등학생들이 창의적인 방법으로 퍼즐 문제에 접근하고 모든 퍼즐 탐색 과정에서 컴퓨팅 사고력의 여러 세부 요소들을 반복적, 체계적으로 경험 할

수 있도록 설계하였다.

이를 위해 초등학교 수준에서 과학의 기본 개념 및 인지 발달을 촉진시키기 위해 도입된 Karplus(1977)의 ‘탐색’, ‘개념 도입’, ‘개념 적용’의 3단계 순환 학습 모형을 학습 준거틀로 하여 초등학생들이 연령에 적합한 활동과 경험을 통해 컴퓨터과학 개념을 획득하고 탐구하도록 유도하였다.

본 수업모형에서는 이러한 탐색 단계를 강화를 위해 새로운 문제 상황에 포함된 문제 해결 단서를 창의적 탐색과정을 거쳐 발견할 수 있도록 CPS관점으로 탐색 단계를 세분화하였다.

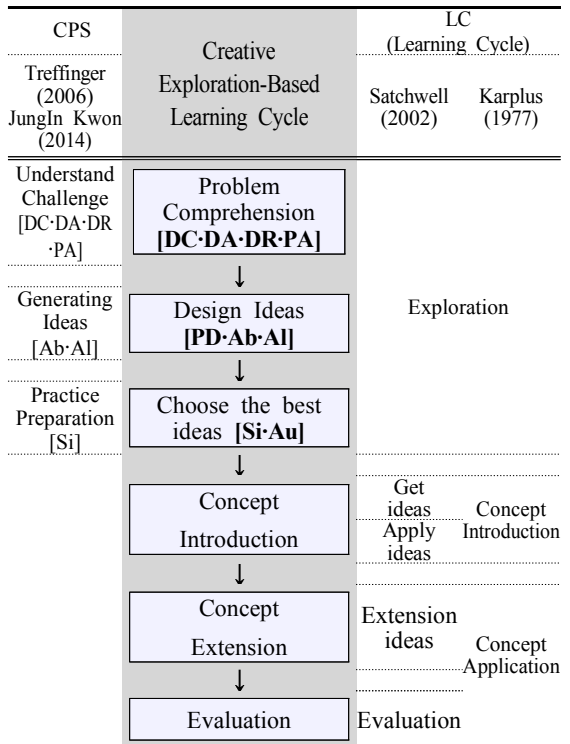
JungIn Kwon(2014)은 Treffinger, Isaksen & Dorval(2006)의 CPS 구성요소에 CSTA & ISTE(2011)의 CT의 7가지 주요개념이 창의적 문제해결의 특정 단계에 도움을 준다는 것을 탐색적 요인분석과 회귀분석의 방법을 통하여 검증하였다.

본 연구에서는 위 검증 내용을 바탕으로 탐색 단계를 ‘문제의 이해’, ‘아이디어 설계’, ‘최선의 아이디어 선택’ 단계로 세분화하고 Jung-In Kwon(2014)의 연구에서 창의적 문제해결에 영향을 주는 CT의 7가지 주요개념을 단계별 중심 사고 활동으로 활용하였다. 그리하여 학생들이 탐색 단계에서 퍼즐 문제를 좀 더 창의적으로 접근함과 동시에 컴퓨팅 사고력을 체계적이고 반복적으로 경험 할 수 있도록 설계하였다.

다만 JungIn Kwon(2014)은 문제분해를 창의적 문제해결에 유의하지 않은 것으로 확인하였으나 Code.org(2014)의 프로그래밍 입문자 대상 컴퓨팅 사고력 교육 과정에서는 문제를 해결하기 위해 각각을 작고 쉬운 단계로 나누는 문제분해 단계를 문제 해결의 첫 단계로 중요하게 다루고 있으며 CSTA K-12(2011)에서도 초등학생(Level 1) 고학년 수준에 컴퓨팅 사고 학습 부분에서 더 큰 문제를 해결하는 동안 하위 문제의 목록을 고려하도록 하는 문제분해 요소를 포함하고 있어서 문제분해 개념을 ‘아이디어 설계’ 단계에 중심

사고 활동에 포함시켰다. 그리고 자동화의 경우 시뮬레이션을 하며 반복 시행과 컴퓨터 프로그램으로 구현(자동화)을 함께 고려하여 선택할 수 있도록 ‘최선의 아이디어 선택’ 단계에 포함하였다.

그 외 관련 선행연구(Osborn, 1957; Satchwell, R. E., & Loepp, F. L., 2002)들을 반영하여 [Fig. 2]과 같이 초등학생의 컴퓨팅 사고력 신장을 위한 창의적 탐색 중심 순환학습(CE-LC, Creative Exploration-Based Learning Cycle)모형을 설계하였다.



[Fig. 2] Creative Exploration-Based Learning Cycle

창의적 탐색 중심 순환학습 모형은 ‘문제의 이해’, ‘아이디어 설계’, ‘최선의 아이디어 선택’, ‘개념 도입’, ‘개념 확장’, ‘평가’ 6단계로 이루어지며 순환학습 모형의 탐색단계에 해당되는 1~3단계에서 컴퓨팅 사고력 신장을 위한 주된 활동이 이루어진다.

‘문제의 이해’단계에서는 수렴적 질문을 통해 주어진 자료를 체계적이고 구체적으로 수집할 수

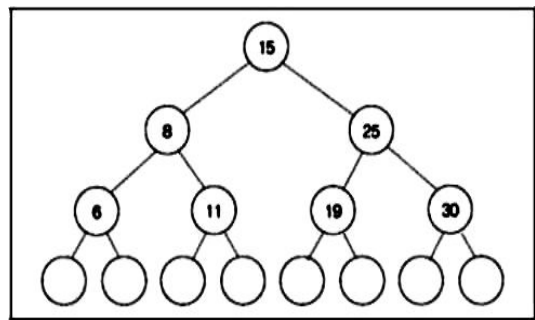
있도록 유도하며 수집된 자료를 분석하고 필요시 자료를 변환하거나 병렬화하여 문제를 올바르게 이해할 수 있게 한다.

‘아이디어 설계’단계에서는 해결단서가 포함된 작은 부분으로 문제를 분해하고 쪼개진 문제들 간의 유사점이나 공통 규칙을 찾아보고 찾아낸 규칙을 이용하여 문제를 해결하기 위한 순서화된 절차를 설계하게 된다. 즉 설계 과정을 통해 다양한 퍼즐 속 상황에서 추상화와 알고리즘을 경험하고 이해하게 된다. 그리고 ‘최선의 아이디어 선택’단계에서는 찾아낸 규칙이나 알고리즘에 따라 시뮬레이션을 하며 여러 부분에서의 반복 시행과 프로그래밍으로 구현(자동화)을 고려하여 최선의 아이디어를 선택하게 된다.

특히 본 수업모형과 세부주제별 IT퍼즐의 내용의 적합도와 타당도를 높이기 위해 컴퓨터교육과 교수 및 컴퓨터교육 박사 3명, 박사수료 및 박사과정 6명, 석사 26명의 컴퓨터교육 전문가를 대상으로 검증하고 수정·보완되었다.

4. 프로그램의 실제

<Table 4>의 ‘II-5. Binary Search Tree’주제에 해당하는 퍼즐을 살펴보면 트리 구조를 학습한 뒤 이진탐색트리를 학습하는 단계이다. 문제 상황은 [Fig. 3]과 같고 앞 차시의 신드바드의 모험에 이어 다음 관문에서 ‘7과 16이 적힌 구슬의 위치’를 찾는 상황이다. 단계별 세부활동이 포함된 교사용 지도서는 <Table 5>과 같다.



[Fig. 3] Study subjects-Binary Search Tree

<Table 5> Teaching and learning process

Step	Teaching and Learning Activities	min.	Teaching strategies(☉) and Cognitive aid(●)
Problem Comprehension	DC <ul style="list-style-type: none"> ▶Introduction and checking the objectives ▶What is the puzzle consist of? <ul style="list-style-type: none"> ☞It consists of numbers, circles, the connecting lines. ▶What is the amount of each material? <ul style="list-style-type: none"> ☞There are seven numbers, fifteen circles, and fourteen lines. ▶What numbers can you see? <ul style="list-style-type: none"> ☞There are 6, 11, 19, 30, 8, 25 and 15. 	5	☉To use convergent questions for systematic data collection To check the given data more specifically ●The number and type of data. The given numbers.
	DR <ul style="list-style-type: none"> ▶Can you describe the given data in tables, graphs, images, etc.? ▶Can you understand the information better if they become the other forms? 	2	☉To selectively transform when there is need for data conversion.
	DA <ul style="list-style-type: none"> ▶How is the given data arranged? <ul style="list-style-type: none"> ☞Circles are 4 rows in the shape of a pyramid, each containing a number inside. ☞Both sides of the circles are connected by lines and also there is another circle beneath them. At the very bottom of them there is an empty circle. ▶What number does each layer contain? <ul style="list-style-type: none"> ☞The number 15 is at the top of the circles and beneath it there are 8 and 25. Below them, there are 6, 11, 19 and 30 with the last circle being empty. 	3	●Connection types of data, Position of the numbers, Position of the circle
Design Ideas	PD <ul style="list-style-type: none"> ▶Consider the number and shape of the circle. Can you split into smaller problems to make it easier to solve a given problem? ▶Remove the smaller problem which has no clue, and then check if it can be split again. 	5	☉To divide problems into smaller parts with each part containing a clue except for the empty circles not containing clues.

	<p>☞If three circles make a triangular shape and each contains a number, they can be bound.</p> <p>▶Let's find the rules of the number set in the smaller problem. ☞Among the three numbers, the middle number is the center, the smallest is on the left circle and the biggest number is in the right circle.</p>	<p>●The number and shape of a circle, including solving clues, The rules of an array of numbers.</p>
Ab	<p>▶Are there any similarities or common rules in the smaller problem? ▶What is the difference between the smaller problems? ☞The position and the number inside a circle are different. ▶Can you make a common rule except for their differences? ☞When three numbers make a shape of triangle, the smallest number is in the left and the biggest number is in the right, regardless of its position and number. ▶Let's see if the common rules can be applied to the problems before they are split.</p>	<p>5</p> <p>◎To check if the found rules are applied to various situations in the same way. ●similarities and differences between problems.</p>
AP	<p>▶What are the series of processes to solve the problem with the found rules? ☞First, combine all of the smaller problems. And then check how the rules are applied to the combined problem. Lastly find each position of 7 and 19 according to the rules.</p>	<p>3</p> <p>◎The correct order procedures. ●Procedures in order</p>
Choose the best ideas	<p>Si·Au</p> <p>▶Let's find each position of 7 and 19 according to the rules. ▶After thinking of various ways to place the numbers 7 and 19 according to the rules, let's choose the best way among them.</p>	<p>4</p>
Concept Introduction		4
Extension	omit	6
Evaluation		3

IV. 프로그램 적용 및 결과 분석

1. 연구 대상

D초등학교 5학년 A그룹 31명과 J초등학교 5학년 B그룹 25명을 대상으로 18주간 총 33시간(수업 28시간, 사전·사후검사 5시간)에 걸쳐 전통적 컴퓨터과학 교육과 퍼즐기반 컴퓨터과학 교육을 실시하였다. 통계 처리된 연구 대상 수는 아래의 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Subject of research

	Number of Students		
	Male	Female	Total
Experimental group	17	14	31
Comparison group	13	12	25
Total	30	26	56

2. 연구 설계 및 검사 도구

본 연구는 D초등학교 5학년 31명 A그룹을 실험집단으로 하고 J초등학교 5학년 25명 B그룹, J초등학교 5학년 24명 C그룹을 비교집단으로 하여 연구를 시작하였다. 그리고 J초등학교 B그룹과 C그룹 중 A그룹과 사전 컴퓨팅 인지력과 창의성 검사에서 동질 영역이 많이 나타난 B그룹을 최종 비교집단으로 선정하였다.

컴퓨팅 인지력 검사에는 ByeongSu Kim(2014)이 개발한 계산적 사고력 검사지 A형(사전)-B형(사후), 컴퓨팅 창의성 검사에는 Young Chae Kim(2002)의 TTCT 도형 A형(사전)-B형(사후), 정의적 측면 검사에는 HyoNam Kim(1998)이 개발한 과학과 관련된 정의적 영역 검사를 실시하였다.

HyoNam Kim(1988)에 의해 개발된 과학에 관련된 정의적 특성의 평가는 인식, 흥미, 과학적

태도의 3가지 범주로 되어 있고 검사지의 각 문항은 5단계 5점 Likert 척도로 점수화되며 소범주로 <Table 7>과 같이 세분화되며 인식, 흥미, 과학적 태도의 5단계 5점 Likert 척도로 점수화 된다.

<Table 7> Define classification properties on science

C: Cognition	I: Interests	A: Scientific attitudes
1.1 CS: cognition of science	2.1 IS: interest toward science	3.1 AU: curiosity
1.2 CL: cognition of science learning and teaching	2.2 IL: interest toward science learning	3.2 AP: Open-mindedness
1.3 CC: cognition of science related careers	2.3 IA: interest toward science activities	3.3 AR: critical-mindedness
1.4 CT: cognition of importance related to STS problems	2.4 IC: interest toward science related careers	3.4 AO: cooperation
	2.5 IX: interests / anxiety	3.5 AV: voluntariness
		3.6 AE: endurance
		3.7 AC: creativity

그리고 실험집단인 A그룹에게는 본 연구에서 개발한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 교육 프로그램을 비교집단 B그룹에게는 동일 범위의 컴퓨터과학 내용을 전통적 교육 방식으로 18주간, 총 28차시를 <Table 8>와 같이 운영하였고 수집된 자료의 통계 처리는 SPSS win 18.0 프로그램을 활용하였다.

<Table 8> Experimental design

Experimental group	O_1	X_1	O_2
Comparison group	O_1	X_2	O_2

O_1 : Pre-test / O_2 : Post-test
 X_1 : Input Puzzle-Based Computer Science Learning Program
 X_2 : Input Traditional Computer Science Learning Program

3. 연구 결과

각 검사 결과를 비교·분석하기 위하여 먼저 두 집단이 정규분포를 이루는지 확인하였다. 실험·비교집단의 사전 검사에 대한 기술통계 및 Shapiro-Wilks 정규성 검정 결과는 아래와 같다.

사전 컴퓨팅 인지력 검사결과는 <Table 9>과 같이 실험집단과 비교집단의 두 집단 모두 유의수준 .05에서 정규분포를 가짐을 확인하였다.

<Table 9> Normality test of the Experimental group and the Comparison group Computational thinking Index

Group	Descriptive Statistics				Sig.
	M	SD	Max	Min	
experimental group (N=31)	11.29	2.34	16	7	.662
Comparison group (N=25)	10.72	2.03	14	7	.345

사전 컴퓨팅 창의성 검사결과는 <Table 10>, <Table 11>와 같이 유의수준 .05에서 모든 하위 요소가 정규분포를 이루는 것으로 나타났다.

<Table 10> Normality test of the Experimental group creativity tests

Subscales	Descriptive Statistics(N=31)				Sig.
	M	SD	Max	Min	
Fluency	105.48	18.43	139	71	.358
Originality	99.93	15.96	137	70	.221
Abstractness of titles	97.64	15.39	134	64	.453
Elaboration	107.61	15.95	140	79	.276
Resistance to premature Closure	95.48	11.80	119	69	.706
Creativity Index	109.03	11.58	134	85	.872

<Table 11> Normality test of the Comparison group creativity tests

Subscales	Descriptive Statistics(N=25)				Sig.
	M	SD	Max	Min	
Fluency	104.32	18.57	139	71	.206
Originality	102.00	16.61	138	75	.565
Abstractness of titles	98.56	17.16	134	64	.224
Elaboration	109.08	16.63	140	79	.285
Resistance to premature Closure	96.80	11.89	119	72	.839
Creativity Index	107.32	9.85	130	86	.285

과학과 관련된 정의적 영역 사전 검사결과에서도 <Table 12>, <Table 13>와 같이 유의수준 .05에서 정규분포를 가짐을 확인하였다.

<Table 12> Normality test of the Experimental group Science-Related Affective Domain

Subscales	Descriptive Statistics(N=31)				Sig.
	M	SD	Max	Min	
Cognition	3.13	.60	4.30	2.20	.175
Interests	3.29	.62	4.53	2.28	.092
Scientific attitudes	3.16	.67	4.33	2.05	.330

<Table 13> Normality test of the Comparison group Science-Related Affective Domain

Subscales	Descriptive Statistics(N=25)				Sig.
	M	SD	Max	Min	
Cognition	3.04	.62	4.42	2.09	.193
Interests	3.08	.60	4.21	2.12	.208
Scientific attitudes	3.12	.48	4.52	2.29	.058

가. 집단 내 비교 - 컴퓨팅 창의성검사
 실험집단의 사전·사후 검사 결과의 각 하위요소들에 대해 대응표본 t-검정 실시하였다. 실험집단의 사전·사후검사 결과는 <Table 14>와 같이 '독창성', '제목의 추상성', '정교성', '창의성 지

수'에서 유의수준 .05에서 유의미한 상승이 있는 것으로 나타났다.

<Table 14> Analysis of the experimental group pre- and post-test results(Paired sample T-test)

Subscales	Period	Descriptive Statistics(N=31)		t	Sig.
		M	SD		
Fluency	Pre	105.48	18.43	-1.76	.088
	Post	107.87	17.10		
Originality	Pre	99.93	15.96	-9.54	.000*
	Post	110.71	14.90		
Abstractness of titles	Pre	97.64	15.39	-8.63	.000*
	Post	110.93	12.44		
Elaboration	Pre	107.61	15.95	-6.94	.000*
	Post	117.45	16.08		
Resistance to premature Closure	Pre	95.48	11.80	-.61	.548
	Post	96.16	9.20		
Creativity Index	Pre	109.03	11.58	-7.30	.000*
	Post	116.29	9.52		

*: $p < .05$

즉, 창의적 탐색 중심 순환학습 모형에 따른 퍼즐기반 컴퓨터과학 프로그램이 초등학생들의 4가지 영역의 컴퓨팅 창의성에 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 보여주었다.

나. 집단 간 비교1 - 컴퓨팅 인지력검사
 사전 검사의 계산적 인지력 지수를 이용하여 독립표본 t-검정을 실시하였고 <Table 15>와 같이 유의수준 .05에서 두 집단은 차이가 없었다.

<Table 15> Analysis of pre-test results of Computational thinking Index

Group	N	M	SD	t	Sig.
experimental group	31	11.29	2.34	.961	.341
Comparison group	25	10.72	2.03		

그리고 본 연구의 학습이 이루어진 후, 사후 검사를 실시하였고 사후 독립표본 t-검정을 실시한 결과 <Table 16>와 같이 유의수준 .05에서 두 집단은 유의미한 차이를 보였다.

<Table 16> Analysis of post-test results of Computational thinking Index (independent samples T-test)

Group	N	M	SD	t	Sig.
Experimental group	31	14.06	1.67	3.67	.001*
Comparison group	25	12.40	1.71		

*: $p < .05$

이러한 결과는 컴퓨팅 인지력검사에서 검사하는 컴퓨팅 사고 영역이 창의적 탐색 중심 순환학습 모형에서 반복적으로 이루어지고 훈련되는 추상화나 알고리즘 등 컴퓨팅 사고력 훈련이 컴퓨팅 인지력 향상에 긍정적 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 즉, 창의적 탐색 중심 순환학습 모형에 따른 퍼즐기반 컴퓨터과학교육이 전통방식의 컴퓨터과학교육보다 학생들의 컴퓨팅 인지력지수 향상에 더욱 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 보여주었다.

다. 집단 간 비교2 - 정의적 영역 검사

사전 검사의 인식, 흥미, 과학적 태도의 5단계 5점 Likert 척도로 점수화한 지수를 이용하여 각 항목별로 독립표본 t-검정을 실시하였다. 그 결과 <Table 17>과 같이 유의수준 .05에서 두 집단은 3가지 항목에서 모두 유의미한 차이가 없는 동질 집단임을 확인하였다.

그리고 본 연구의 학습이 이루어진 후, 사후 검사를 실시하였고 사후 독립표본 t-검정을 실시하였다. 그 결과 <Table 18>과 같이 유의수준 .05에서 두 집단은 3가지 항목 모두에서 유의미한 차이를 보였다.

특히 ‘흥미’영역 뿐만 아니라 ‘인식’과 ‘과학적 태도’영역까지 유의미한 차이를 보이는 것으로

보아 퍼즐교육을 통한 흥미 있는 교육이 학생들의 과학에 대한 인식과 태도에까지 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 확인 할 수 있다.

<Table 17> Analysis of pre-test results of Science-Related Affective Domain Index

Subscales	Group	M	SD	t	Sig.
Cognition	experimental group(N=31)	3.13	.60	.511	.612
	Comparison group(N=25)	3.05	.62		
Interests	experimental group(N=31)	3.29	.61	1.30	.199
	Comparison group(N=25)	3.08	.60		
Scientific attitudes	experimental group(N=31)	3.16	.67	.45	.655
	Comparison group(N=25)	3.12	.48		

*: $p < .05$

<Table 18> Analysis of post-test results of Science-Related Affective Domain Index

Subscales	Group	M	SD	t	Sig.
Cognition	experimental group(N=31)	3.65	.45	2.41	.019*
	Comparison group(N=25)	3.32	.56		
Interests	experimental group(N=31)	4.03	.47	6.30	.000*
	Comparison group(N=25)	3.04	.50		
Scientific attitudes	experimental group(N=31)	3.71	.53	3.22	.002*
	Comparison group(N=25)	3.24	.46		

*: $p < .05$

V. 결론

본 연구의 목적은 초등학교의 컴퓨팅 사고력 신장을 위한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 수업모형 및

교육프로그램을 개발하고 그 효과를 검증하는데 있다.

이를 위해 자발적 집단에 비해 일반화가 용이한 비자발적 학생으로 구성된 3개 학급 중 사전 컴퓨팅 사고력(컴퓨팅 인지력과 컴퓨팅 창의성 컴퓨팅)결과가 유사한 D초등학교 5학년 A그룹 31명과 J초등학교 5학년 B그룹 25명을 대상으로 1학기 간 동안 28차시에 걸쳐 퍼즐기반 컴퓨터과학 교육프로그램과 전통적 컴퓨터과학 교육을 각각 실시하였다.

그 결과 퍼즐 기반 컴퓨터과학 교육프로그램을 받은 실험집단 학생들이 전통적 컴퓨터과학 교육을 받은 비교집단 학생들에 비해 컴퓨팅 인지력 영역(계산적 사고력 검사)에서 유의미한 향상을 보였다. 그리고 컴퓨팅 창의성 영역(TTCT 도형 검사)에서도 제목의 추상성, 독창성, 정교성, 창의성 지수 4가지 하위요소에서 유의미한 향상을 나타냈다.

또한 정의적 측면 검사인 과학에 관련된 정의적 특성 검사에서도 비교집단보다 인지, 흥미, 과학적 태도 3가지 영역에서 유의미한 향상을 나타냈다. 즉 초등학생을 대상으로 한 퍼즐 기반 컴퓨터과학 교육프로그램은 초등학생들이 좀 더 흥미롭고 재미있게 공부할 수 있는 학습 형태로서 컴퓨터과학에 대한 정의적 측면의 향상도 기대할 수 있음 보여주었다.

이는 초등학생의 컴퓨팅 사고력 증진을 위해 개발된 창의적 탐색 중심 순환학습 모형과 퍼즐 기반 컴퓨터과학 교육프로그램이 전통적 방식의 컴퓨터과학 교육보다 초등학생의 컴퓨팅 사고력 증진에 더욱 효과적인 방법이 될 수 있음을 보여준다.

다만 본 연구결과를 바탕으로 다음의 후속연구가 필요하다. 첫째로 창의적 탐색 중심 순환학습 모형의 경우 적용 대상이 제한적이었기 때문에 학습모형에 대한 추가적인 적용과 보완이 필요하며 둘째로 과학에 관한 정의적 특성 검사의 경우 컴퓨팅 사고력의 하위 요인들을 세부적으로 측정

하기에는 한계가 있음으로 정의적 측면에서 컴퓨팅 사고력을 측정할 수 있는 검사지 개발에 관한 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

References

- ACM(2011). CSTA K-12 Computer Science Standards : The CSTA Standards Task Force, p.12~14, p.27~31, p.55~63
- Anabela Gomes & Antonio Jose Mendes(2007). An environment to improve programming education. In International Conference on Computer system and Technologies-CompsysTech 07. ACM.
- Anany Levitin, Mary-Angela Papalaskari(2002). Using puzzle in Teaching Algorithms, SIGCSE'02 Communications of the ACM.
- Bruner, J. S.(1996). The culture of education. Harvard University Press.
- ByeongSu Kim(2014), Programming Education Program based on PPS to Improve Computational Thinking Ability, Ph.D., Cheju National University
- ByeongSu Kim · Jaehyeong Kim(2012). Design and Application of Learning Algorithms based on Computational Thinking for Changes in Prospective Elementary School Teachers' Perceptions about Computer Science, The Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education, 24(4), 528~542
- Code.org(2014). Computational Thinking. 5 AUG 2015, <https://code.org/curriculum/course3/1/Teacher.pdf>
- Csikszentmihalyi, M.(1996). "Creativity : How and the psychology of discovery and invention", Harper collins
- CSTA & ISTE(2011). Computational Thinking teacher resources second edition. 5 AUG 2015, http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/472.11CT TeacherResources_2ed-SP-vF.pdf
- Dai, D. Y. & Chen, F.(2013). Three paradigms of gifted education: In search of conceptual clarity in research and practice. Gifted child quarterly, 57(3), 151~168.
- Gyun HEO(2015). A Study on the Design and Development of Computer Based Learning and Test System, The Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education, 27(4), 1160~1171
- Hyeon Cheol Kim(2014). SW overseas training

- requirements and operational status survey, The Korean Association of Computer Education, http://leadingschool.kr/file/NIPA_20141016.pdf
- HyoNam Kim · WanHo Chung · JinWoo Jeong (1988). National Assessment System Development of Science-Related Affective Domain, Journal of the Korean Association for Research in Science Education 18(3), 357~369
- Jaemu Lee(2014). Needs Assessment for an Adaptive e-Learning System Applying Rossett's Model. Journal of the Korea Contents Association,, 14(6), 529~538.
- Jeonga Jang(2009). A Study on the puzzle as utilization and effectiveness of Teaching and Learning in education, information tools. Korea University Graduate School.
- Jeongcheol Oh · Jaehyeong Kim · Jonghun Kim (2014). A 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.
- Jung-In Kwon(2014). A study on the effectiveness of computational thinking based teaching and learning on students' creative problem solving skills, Sungkyunkwan University Press
- Jung-Sook OH, Se-Hoo OH, So-Young PARK(2013). An Analysis of Teacher's Perception on Implementation of After-School Computer Class, The Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education, 25(4), 781~800
- Karplus, R.(1977). Science Teaching and The Development of Reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 14(2). 169 ~ 175.
- Lawson, A. E. · Abraham, M. R. & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. NARST MONOGRAPH, Number One.
- Linda McIver & Damian Conway(1996). Seven deadly sins of introductory programming language design. In Proceedings of Software Engineering: Education & Practice. IEEE Computer Society Press.
- Ministry of Education(2005). Information and Communication Technology Education Operating Guidance, 13~34
- Ministry of Education(2011). Middle school Choosing subject curriculum, 1~15
- Ministry of Education(2014). 2015 Integrated General Studies Curriculum Highlights
- Ministry of Education(2014). SW Elementary and Secondary Education Innovation Plan
- Minseok Lee(2015). SW education, raise " the possibility of the creation ." Money Today. <http://www.mt.co.kr/view/mtview.php?type=1&no=2015022509382565270&outlink=1>
- Osborn, A. F.(1953). Applied imagination: Principles and procedures of creative problem-solving. New York: Scribner's Sons.
- Piaget, J.(1952). The Origins of Intelligence in Children / New York: international University press
- Richard Fobes(1993). The Creative Problem Solver's Toolbox: A Complete Course in the Art of Creating Solutions to Problems of Any Kind. Solutions Through Innovation.
- Rosenthal, R. & Rosnow, F. L.(1975). The volunteer subject. New York: Wiley.
- Satchwell, R. E. & Loepp, F. L.(2002). Designing and implementing an integrated mathematics, science, and technology curriculum for the middle school. Journal of Industrial Teacher Education, 39(3).
- Tony Jenkins(2002). On the difficulty of learning to program. In 3rd annual Conference of LTSN-ICS, Loughborough.
- Treffinger, D. J. · Isaksen, S. G. & Dorval, K. B.(2006). Creative problem solving: An introduction (4th Eds.). Waco, TX: Prufrock Press. Middle school Choose subject curriculum
- Wallas, G.(1926). The art of thought, New York, NY: Harcourt, Brace
- Wing. J. M.(2006). Computational Thinking, Communication of ACM, 49(3), 33~35.
- Wing. J. M.(2008). Computational Thinking and Thinking About Computing, Philosophical Transactions of the Royal Society, 366(1881), 3717~3725.
- Young-Chae Kim(2002). Test summary: Torrance TTCT(Figure) A & B. Creativity Korea FPSP.
- Youngho SEO · Seungbum JUNG · Jonghoon KIM (2016). Development and Application of Education Program Art Area Subject-based STEAM for Improvement of Elementary Students' Creativity : With a Scratch Programming Language, The

Korean Society for Fisheries and Marine Sciences
Education, 28(1), 69~82

Zbigniew Michalewicz, Matthew Michalewicz(2008).
Puzzle-based learning : an introduction to critical
thinking, mathematics, and problem solving, Hybrid
Publishers.

Zbigniew Michalewicz, Nickolas Falkner, Raja
Sooriamurthi(2010). Puzzle-Based Learning for
Engineering and Computer Science, 43(4), p.20~28,

IEEE, 5 AUG 2015, <http://cs.adelaide.edu.au/~zbyszek/Papers/PBL-IEEE.pdf>

-
- Received : 16 May, 2016
 - Revised : 12 July, 2016
 - Accepted : 15 July, 2016