Journal of The Korean Association
of Information Education Vol. 23, No. 4,
August 2019, pp. 343-353
http://dx.doi.org/10.14352/jkaie.2019.23.4.343
© 2019 KAIE

컴퓨팅 사고력 기반 초등예비교사의 수감각 능력 향상 방안*

김해규** · 김종우***
제주대학교 초등수학교육전공** · 제주대학교 초등컴퓨터교육전공***

요약
본 연구의 목적은 수감각이 요구되는 문제 해결과정에서 초등예비교사들이 선호하는 전략을 분석한 후, 컴퓨팅 사고력에 기반하여 수감각 능력을 향상시키는 방안을 연구함에 있다. 두 가지 다른 수감각 요소로 구성된 검사지를 이용하여 57명의 초등예비교사들이 선호하는 전략을 분석한 결과, 그들은 수감각 기반 전략보다 규칙기반 전략을 더 선호하였으며, 이러한 결과는 선행연구[13][14][20]과 일치하였다. 이러한 상황을 개선하기 위해, 분석된 결과와 CSTA와 ISTE(2011)의 9가지 컴퓨팅 사고력 요소를 활용하여 수감각 능력을 향상시킬 수 있는 방법을 제시한다.

키워드 : 컴퓨팅 사고력, 컴퓨팅 사고력 요소, 초등예비교사, 수감각, 수감각 기반 전략

A Way of Improving Elementary Pre-service Teachers′ Number Sense Based on Computational Thinking*

Hae Gyu Kim** · Chong Woo Kim***
Jeju National University** · Jeju National University***

ABSTRACT
The purpose of this study is to analyze the elementary pre-service teachers′ preferred strategies while they solve problems which require number sense and to study a way to improve their number sense ability based on computational thinking. In a survey with 57 elementary pre-service teachers using the instrument consisting of two different number sense components, they preferred much more the rule-based strategies to the number sense-based strategies, which was consistent with the prior studies[13][14][20]. To change this situation, we present a way to improve their number sense ability by utilizing the analyzed results and the nine computational thinking components which were suggested by CSTA and ISTE(2011).

Keywords : Computational Thinking, Components of Computational Thinking, Elementary Pre-service Teacher, Number Sense, Number Sense-based Strategy

---

* 이 논문은 2018학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.
제1저자 : 김해규(제주대학교 교육대학 초등수학교육전공)
교신저자 : 김종우(제주대학교 교육대학 초등컴퓨터교육전공)
논문투고 : 2019-07-26
논문심사 : 2019-08-14
심사완료 : 2019-08-14

1. 서론

2015개정교육과정에서 4차 산업혁명으로의 변화에 소프트웨어교육의 필요성이 강조되고 있다. 공통교육에서의 소프트웨어교육의 목표는 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking, CT) 기반의 문제해결이다. 학생들이 학교 교육에서 배우는 모든 교과에서 CT 기반의 문제해결의 접근을 가져야한다[8]. 이를 위한 CT 기반 교수법 개발은 컴퓨터교육 영역에서는 활발히 이루어지고 있으나, 이외의 교과교수법에 대한 연구는 매우 미흡하며 초기 단계에 머물러 있다. Wing(2006)은 읽기, 쓰기, 셈하기와 더불어 모든 학생들이 갖추어야 할 기본 기술로 CT를 포함해야 한다고 주장하였으며[2], NRC(2010)에서는 CT를 컴퓨터 과학의 테두리 안에만 가두지 않고 다양한 분야의 학문과 사회적 문제해결을 위해 바탕이 되는 사고로 정의하고 있다[8]. CSTA(2016)에서는 CT를 향상시키기 위한 방법으로 학생들이 초-중-고의 과정에서 학습해야할 핵심 개념(Core Concepts)과 핵심 역량(Core Practices)를 제시하고 있다[3][15]. 특히 핵심 역량에 대하여 초등학교 2학년, 5학년에서 반드시 익혀야할 내용을 제시하고 있고, 중학교와 고등학교 과정에서는 성취해야할 기준을 제시하고 있다[3][15]. 반면 우리나라의 경우에는 핵심 개념에 따른 성취 기준은 제시하고 있으나 학교급과 학년에 따른 핵심 역량의 위계는 제시하지 않고 있다[15]. 또한 2019년부터 초등학교에서 소프트웨어 교육을 실시하여 CT를 강조하고 있지만, CT의 세부 요소에 초점을 두고 개발한 교재는 많지 않은 실정이다[1]. 최형신(2016)은 최근 한 연구[1]에서 초등예비교사들에게 CT기반으로 개발된 교재를 활용하여, CT 역량 계발 소프트웨어 교육을 진행하고 2인 1팀으로 기획한 프로젝트를 발표시킨 후, CT의 세부 요소 중에서 개념-알고리즘적 사고, 평가, 문제 분해, 추상화, 일반화 요소로 분석한 결과, 초등예비교사들에게 문제 분해와 추상화에 대한 심층적 교육 및 훈련이 더 필요하다고 주장하였다. 한편, 2015 개정 수학과 교육과정[7]에서는 '큰 수에 대한 양감을 기르기', '덧셈과 뺄셈에 대한 연산 감각을 기르기', '사칙연산을 하기 전에 계산 결과를 어림해 보고, 어림한 값을 이용하여 계산 결과가 타당한지 확인해보기' 및 '다른 분수의 크기 비교에서 수 감각을 이용하여 추론하고 토론하는 활동하기' 등을 지도해야한다고 교수·학습에서의 유의점으로 제시하고 있다. 그러나 선행 연구[14][16]에 의하면 많은 초등예비교사들은 수감각에 대한 능력이 높지 않다고 알려져 있다. 따라서 '초등예비교사들에게 CT의 세부 요소 중에서 문제 분해와 추상화에 대한 심층적 교육 및 훈련이 더 필요하다.'는 최형신(2016)의 주장에 부응함과 동시에 CT의 세부 요소에 초점을 두고 개발한 교재가 많지 않은 현 상황을 고려하여, CT를 향상시킬 수 있는 자료 개발의 한 방안으로 수감각 능력을 향상시킬 수 있는 방법과 접목시키는 연구의 필요성이 제기된다. 이에 본 연구에서는 초등예비교사들에게 수감각과 관련된 문제들을 먼저 해결하게 한 후, 수감각 기반 전략으로 해결한 문제 중에서 정답률이 낮은 문제를, CSTA 와 ISTE(2011)에서 제시한 CT의 9가지 요소를 활용하여, 그들의 수감각 능력을 향상시킬 수 있는 교수학습 자료를 개발하고자한다.

2. 이론적 배경

2.1 컴퓨팅 사고력과 문제해결

CT는 컴퓨터과학의 추상적 사고와 자동화 과정을 통해 적절한 컴퓨팅 장치를 선택하고 이용하는 능력을 포함하는 사고 능력을 뜻한다. Wing(2006)은 CT의 핵심요소를 크게 추상화와 자동화로 구분하였으며, 하위 사고양식으로 알고리즘적 사고, 재귀적 사고, 비판적 사고를 제시하였다[8][18]. 또한 Wing(2006)의 구성요소를, 이은경(2009)의 CT 문제해결 능력의 구성요소 측면에서 재구성을 하면, <Table 1>과 같다. 어떠한 문제를 해결하기 위해서는 잘 갖춰진 문제해결 절차를 따라야 하는데 이것을 알고리즘적 사고라고 하며, 이러한 문제해결의 절차를 마련하거나 문제해결 방법 및 과정의 옳고 그름을 판단하기 위해서는 논리적 사고가 필요하며, 문제해결 절차를 반복적으로 적용하는 과정이 재귀적 사고이다. 비판적 사고는 제시된 문제해결책의 장단점을 파악하고 더 효율적인 문제해결 방법을 찾는 사고과정을 의미하며, 다양한 CT의 하위요소는 서로 상호보완적 관계이며, 문제해결과정에서 서로 유기적으로 사용된다[8].

<Table 1> Wing(2006)'s CT Section in the Problem Solving[18]

	Algorifhmic Thinking	Logical Thinking	Critical Thinking	Recursive Thinking
Analysis of problems			○	
Esplore of prblem solving methods		○		
Design of problem solving methods	○	○	○	○
Solution and implementation	○			○
Evaluation	○	○	○	○

한편 CSTA 외(2011)는 CT의 구성 요소를 9가지로 세분하여 다음 <Table 2>와 같이 제시하고 있다.

<Table 2> Components and Vocabulary of CT[4]

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

2.2 수학교육의 목표와 문제해결

2015개정 수학과 교육과정[7]의 수학교육의 목표는 수학의 개념, 원리, 법칙을 이해하고 기능을 습득하며, 수학적으로 추론하고 의사소통하는 능력을 길러, 생활 주변과 사회 및 자연 현상을 수학적으로 이해하고 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하며, 수학 학습자로서 바람직한 태도와 실천 능력을 기르는 것이다. 그리고 문제해결 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음 사항을 강조하고 있다. 첫째, 문제를 해결할 때에는 문제를 이해하고 해결 전략을 탐색하며 해결 과정을 실행하고 검증 및 반성하는 단계를 거치도록 한다. 둘째, 협력적 문제 해결 과제에서는 균형 있는 책임 분담과 상호작용을 통해 동료들과 협력하여 문제를 해결하게 한다. 셋째, 수학적 모델링 능력을 신장하기 위해, 생활 주변이나 사회 및 자연 현상 등 다양한 맥락에서 파악된 문제를 해결하면서 수학적 개념, 원리, 법칙을 탐구하고 이를 일반화하게 한다. 넷째, 문제 해결력을 높이기 위해 주어진 문제를 변형하거나 새로운 문제를 만들어 해결하고 그 과정을 검증하는 문제 만들기 활동을 장려한다.

2.3 수감각(Number Sense)

최근 수학교육에서는 학생들의 수학적 힘의 개발을 강조하면서 수감각 발달을 강조하고 있다[11]. 수감각의 정의나 구성요소는 학자에 따라서 다양하지만, 대체로 수에 대한 직관적인 느낌과 수의 다양한 사용과 해석을 나타나며, 정확하고 효율적으로 계산하고, 실수를 감지하며 합리적으로 결과를 인지하는 능력을 포함한다. 수감각을 가진 사람들은 수를 이해할 수 있고, 일상생활에서 그것을 효율적으로 사용할 수 있다[7]. 또한 NCTM(2000)에서는 수를 자연스럽게 분해하는 능력, 100이나 1/2와 같은 특정한 수를 사용하여 수를 표현하는 능력, 문제를 해결하는 데 있어서 산술적인 연산간의 관계를 활용하는 능력, 십진 체계를 이해하는 능력, 수를 어림하고 이해하는 능력, 수의 상대적·절대적인 크기를 인식하는 능력을 강조하고 있다[9][11].

2.4 수감각의 구성요소

'무엇이 수감각인가?'에 대한 논의는 많은 학자들로 하여금 수감각의 구성 요소에 관심을 가지게 하였는데[11], McIntosh, Reys와 Reys(1992)는 기존의 연구를 종합하여 수감각의 구성 요소를 6가지로 세분[6]하여 <Table 3>과 같이 제시하고 있다[17].

<Table 3> Six Components of Number Sense[17]

Number Sense Components	Example
Understanding of the meaning and size of number.	How does 6/11 compare in size to 1/2? How do you know?
Understanding and use of equivalent representations of numbers.	Show different ways that 3/8 can be represented.
Understanding the meaning and effect of operation.	Is 1000÷0.98 more or less than 1000? How do you know?
Understanding and use of the equivalent expressions.	Are 800÷0.5 and 800×0.5 equivalent? How do you know?
Flexible computing and counting strategies for mental computation, written computation, and calculators.	Can you multiply 99×6 mentally by using your understanding of numbers and operations?
Measurement benchmarks	Can you estimate the height of a large object? Can you use a benchmark and operation?

2.5 수감각에 관한 선행연구

수감각에 대한 많은 관심에도 불구하고 여러 연구를 통해 초등학생들뿐만 아니라[19], 초등예비교사들도 수감각 능력이 뛰어나지 못한 것으로 분석되었다[14][16]. 학생들의 수감각을 형성하는데 있어 교사의 역할은 매우 중요하고, 학생들의 수감각 발달을 위한 적절한 교수를 제공하기 위해서는 교사 자신부터 그 개념이 잘 형성되어 있어야 하므로[14][20], 초등예비교사들도 수감각에 대한 개념을 잘 형성해야하는 것은 필수적이다. 그러나 초등예비교사들의 수감각 전략 사용에 대한 일부 연구[13][14][17][20]에서는 수감각을 기반으로 한 전략보다는 규칙을 기반으로 한 전략을 선호하며, 수학에서 낮은 성취를 보이는 초등예비교사들은 문제 해결에 있어 수감각을 기반으로 하는 전략보다는 규칙을 기반으로 하는 전략에 의존하는 경향을 보인다[14][16]고 한다. 더 심각한 문제는 지필 계산 중심의 수학 교육이 수감각 사용은 물론 추론, 어림, 해석과 같은 중요한 사고 기술의 발달을 저해한다고 보고되고 있다[14][19].

3. 연구 방법

3.1 연구 대상

본 연구의 대상자는 2019학년도 1학기에 공동연구자의 한명에게 초등수학과교육1을 수강한 J대학교 교육대학의 초등예비교사 47명과 초등수학교육을 전공하는 초등예비교사 10명 등 모두 57명이다. 초등수학과교육1에서는 초등수학내용을 지도하는데 필요한 교수·학습 이론을 강의한다. 본 연구에 참여한 학생들을 전공별로 살펴보면 초등수학교육(10명)을 비롯하여, 초등컴퓨터교육(5명), 초등실과교육(6명), 초등사회과교육(7명), 초등체육교육(6명), 초등영어교육(9명), 초등음악교육(7명), 초등국어교육(6명), 초등미술교육(1명)이다.

3.2 검사 도구 및 검사 실시

본 연구의 검사 도구는 <Table 4>와 같이 두 가지 다른 수감각 요소로 구성되어 있으며, 초등예비 교사들의 수감각 활용능력과 함께 수감각 구성 요소별 특성을 분석할 수 있기 위함이다. 본 연구에서 사용한 검사 문항은 방정숙(2005)의 검사도구 중, 수감각 관련 선행 연구들에서 학생들에게 어려운 주제로 알려진 기준척도 문제와 적절한 수학적 지식의 활용문제이며, 방정숙의 연구 의도[11]와 동일하게, 각 검사문항에 “직접 계산하지 않고” 문제를 풀라는 진술을 넣지 않았고, 풀이과정을 기술하거나 설명을 쓰도록 요구하였는데, 그 이유는 초등예비교사들이 주어진 문제를 상황에 적합하면서도 자연스럽게 수감각을 활용하는지의 여부를 알기 위함이었고, 동시에 검사 도구에서 적절한 계산 능력이나 수감각 없이 우연히 정답을 답할 가능성을 배제하기 위해서였다. 검사는 연구자가 초등예비교사들에게 20분 동안 직접 실시하였다.

3.3 연구 절차

첫째, 각 문항별로 초등예비교사들이 작성한 자료를 사용하여, 그들의 수감각 능력과 수감각 전략 사용 수준을 <Table 5>에 따라 분석하고, 수감각 전략 사용의 특

성을 알아보기 위해 SPSS 18.0을 이용하여 빈도 분석과 통계를 처리하였다.

둘째, 수감각 기반 전략으로 해결한 문제 중에서 정답률이 낮은 문제를, CSTA 외(2011)에서 세분한 CT의 9가지 요소와 접목시켜 수감각 능력을 향상시키는 방법을 연구한다.

<Table 4> The Number Sense Component of Test Instrument

no	the number sense component
1	Using benchmarks
2	Applying the knowledge of number and operation

<Table 5> Types of Strategy[14]

Strategies	Contents
Number sense based	Student used strategies that utilized one or more components of number sense, for example, benchmarks, number magnitude, and so on.
Rule based	Students applied the rule of standard written algorithms and a basic knowledge of mathematics.
Unspecified	Student used all strategies except for number sense based and rule based methods, for example, diagrams, graphs, and so on.
No answer	Student didn′t write explanations.

4. 연구결과

4.1 수감각 기준척도를 효과적으로 사용하는지 알아보는 문제

0.52 × 809는 (소수)×(자연수)의 값을 어림할 때 기준척도로 1/2 또는 0.5를 효과적으로 사용하는지를 알아보는 문제임과 동시에 보다 정확하게 어림할 필요성을 인식하는지 알아보는 문제이다[11]. <Table 6>에서 분석된 바와 같이, 수감각 기반 전략으로 해결한 예비교사는 모두 21명(36.8%)이었으나, 정답인 430을 선택한 예비교사는 4명(7.0%)에 불과하였고, 17명(29.8%)은 0.5를 기준척도로 사용하여 수감각 기반 전략으로 문제를 해결하였으나, 0.5 × 809로 어림하여, 404.5로 얻은 결과, 0.52 × 809에 가장 가까운 수를 보기 중에서 선택하는 상황에서 정답을 선택하지 못했다. 수감각 기반 전략으로 해결한 사례를 살펴보면 다음과 같다.

0.52가 절반에 가깝기 때문에 809의 절반은 대략 405이고, 0.52에서 0.02 부분을 생각하면 430과 가까울 것이라고 생각하였다.

809의 0.5(절반)이 대략 404이고, 800의 0.02는 16이므로, 0.52 × 809는 대략 420.××이다.

그러나 규칙 기반 전략을 사용하여 문제를 해결한 경우는 36명(63.2%)이었는데, 이들은 거의 대부분 0.52 × 809를 세로셈이나 직접 계산을 통해 문제를 해결하였다.

<Table 6> The Questions No. A-4 of Test

▶Which of the following is the closest to 0.52 × 809?
①400 ②600 ③430 ④1700

▷Explain why you have chosen this answer.

	Strategies	n(%)
Correct Answer	Number sense based	4(7.0)
	Rule based	31(54.4)
	Unspecified	
	No answer	
	Strategies	n(%)
Incorrect Answer	Number sense based	17(29.8)
	Rule based	5(8.8)
	Unspecified	
	No answer	
	Strategies	n(%)
Total	Number sense based	21(36.8)
	Rule based	36(63.2)
	Unspecified	
	No answer	

(source: Pang JeongSuk, 2005)

4.2. 다양한 계산 상황에서 수와 연산 지식의 적절한 활용에 관한 문제

<표 7>에서 분석된 바와 같이, 수와 연산 지식의 적절한 활용에 관한 문제로, 주어진 수들 중에서 적절하게 4개의 수를 선택하여 4355를 만드는 문제이다. 수감각 기반 전략으로 문제를 해결한 예비교사들은 6명(10.5%)에 불과하였고, 48명(84.2%)이 소인수분해를 하거나 직

접 계산하는 등, 규칙 기반 전략을 사용해서 문제의 정답을 맞혔다.

<Table 7> The Questions No. A-1 of Test

▶If you choose four numbers from the followings and multiply all numbers, then is it possible to express as 4355?
14, 10, 8, 15, 28, 4, 9, 5, 12, 2
▷If you can't choose, please explain why?

	Strategies	n(%)
Correct Answer	Number sense based	6(10.5)
	Rule based	48(84.2)
	Unspecified	
	No answer	
	Strategies	n(%)
Incorrect Answer	Number sense based	
	Rule based	3(5.3)
	Unspecified	
	No answer	
	Strategies	n(%)
Total	Number sense based	6(10.5)
	Rule based	51(89.5)
	Unspecified	
	No answer	

(source: Pang JeongSuk, 2005)

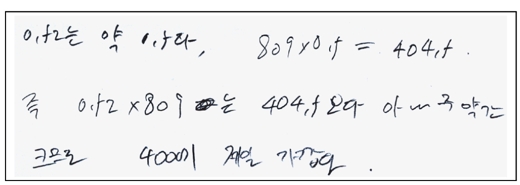
4.3 CT 기반 수감각 능력 향상 방안: ‘기준척도를 효과적으로 사용하는지 알아보는 문제’를 중심으로

수감각 기반 전략을 사용한 문제해결에서 정답률이 더 낮은 <Table 6>에 제시된 문제를 중심으로, CSTA 외(2011)에서 세분한 CT의 9가지 요소와 접목시켜 수감각 능력을 향상시킬 수 있는 방안을 연구하고자 한다. 규칙 기반 전략은 수학의 기본적인 지식과 표준적인 지필 알고리즘에 대한 공식을 적용하여 문제를 해결하는 방법이며, 수감각 기반 전략을 사용하는 것은 수에 대한 직관적인 느낌, 수의 다양한 사용과 해석, 그리고 정확하고 효율적으로 계산하고, 실수를 감지하며 합리적으로 결과를 인지하는 능력을 포함한다. 따라서 <Table 6>에서 분석된 바와 같이, 63.2%(36명)의 초등예비교사들은 공식을 이용하여 답을 바로 구하는 규칙 기반 전략을 사용하였으므로, 이는 CSTA 외(2011)에서 세분한 9가지 요소 중에서 자동화 단계에 가깝다. 반면, 수감각 기반 전략을 사용하는 것은 다음과 같이 9가지 요소에 다양하게 적용할 수 있다.

첫째(자료수집), 적절한 정보를 수집하는 단계로서, 본 연구에서 검사 도구로 사용된 문제(<Table 6>)를 자료 수집단계로 볼 수 있다. 만약 ‘이 문제와 유사한 문제들을 모아 보시오.’라고 질문을 던진다면, 궁금증이 생긴 학습자는 자료의 공통점과 차이점을 생각하면서 문제 해결에 필요한 적절한 정보를 수집하는 과정을 경험하게 될 것이다. 예를 들면 0.5 × 609와 0.52 × 609는 다른 유형에 속하는 경우이다. 왜냐하면 0.5 × 609는 304.5이므로 반올림하면 300이 되는 반면에, 0.52 × 609에서는 0.02와 609가 더 곱해져서, 320으로 반올림되기 때문이다.

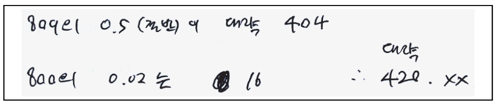
둘째(자료해석), 자료의 의미를 부여하고, 규칙을 찾고, 결론을 만드는 단계로, 주어진 문제는 기준척도로 1/2 또는 0.5를 효과적으로 사용하는지 알아보는 문제임과 동시에 정확하게 어림할 필요성도 느끼게 하려는 의도로 검사한 문항이다. 여기서 기준척도란 “잘 알지 못하는 수의 값을 찾기 위해서 잘 알고 있는 수의 값을 이용하는 것”[12]인데, 예를 들어, 11/12 + 4/9의 어림값을 구하기 위해서 11/12를 1에 가까운 수, 4/9를 1/2에 가까운 수로 생각할 수 있는데, 이 때, 1과 1/2이 기준척도이다[11].

따라서 0.52 × 809는 잘 알지 못하는 수이므로, 0.52 × 809의 값을 구하기 위해 0.5가 0.52에 가까운 수이므로, 1/2 또는 0.5가 기준척도가 되어 0.52 × 809는 0.5×809로 근사시켜 404.5를 구할 수 있는데, 이것은 ‘기준척도에 대해 의미를 부여하고, 계산하는 규칙을 찾기(making sense of benchmarks and finding patterns)’에 해당한다. 이와 같은 방법으로 접근한 문제해결 사례의 예를 들면 아래와 같다(Fig. 1).



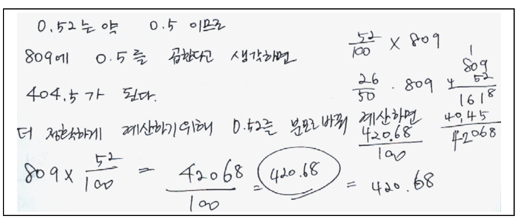
(Fig. 1) Example 1 of problem solving using data analysis

그러나 0.52는 0.5 + 0.02이며, 곱하는 수 809는 800보다 큰 수이므로 0.02가 미치는 영향을 무시할 수는 없다. 따라서 정확하게 어림하려면 0.02× 809를 파악해야만 하므로, 0.52 × 809를 (0.5 + 0.02) × 809로 인식하여, 덧셈에 대한 곱셈의 분배법칙을 사용하여 계산하는 규칙을 알아야 한다. 이것은 '0.02×800에서 0.02에 대해 의미를 부여하고, 계산하는 규칙을 찾기(making sense of 0.02 and finding patterns)'에 해당한다. 이와 같은 방법으로 접근한 문제해결 사례의 예를 들면 아래와 같다(Fig. 2).



(Fig. 2) Example 2 of problem solving using data analysis

셋째(자료표현), 적절한 그래프, 차트, 단어 또는 이미지를 사용하여 자료를 묘사하거나 조직화하는 것인데, 이에 해당하는 문제해결 사례의 예를 들면 아래와 같다(Fig. 3).



(Fig. 3) Example of problem solving using data representation

넷째(문제 분해), 어려운 과제를 더 작고 관리 가능한 부분으로 분해하는 것으로, 아래의 다섯 가지로 문제분해가 가능하다.

첫째 유형(: 문제 분해 1)은 0.52를 기준척도 0.5나 1/2로 정하여 어림할 수 있다.

둘째 유형(: 문제 분해 2)은 100을 기준척도로 사용하는 경우이다. 소수 두 자리 수는 0.01이나 1/100이 기본단위이므로, 0.52는 0.01이 52이며, 0.01의 100배가 1이다. 따라서 0.52×809는 0.52×800으로 어림할 수 있으며, 0.52×100×8이므로 52×8로 구하거나, 0.52×800은 0.52×200×4로 분해되므로 104×4로 어림하여 416을 구할 수 있다. 한편 0.52 × 809는 416보다는 더 큰 수이기 때문에, 문제에서 요구하는 정답인 430을 구할 수 있다.

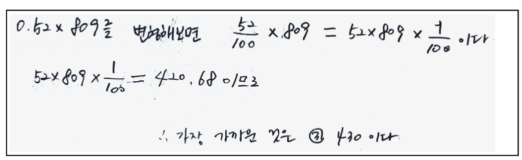
셋째 유형(: 문제 분해 3)은 소수의 정의(definition)와 결합법칙 및 교환법칙을 이용하여 문제를 해결할 수 있다. 즉 0.52는 1/100이 52인 수이므로, 0.52 × 809는 {(1/100) × 52} × 809이며, 이를 곱셈에 관한 결합법칙과 교환법칙을 사용하여 (52 × 809) × 1/100로 변형하여, 자연수끼리 먼저 곱하고 1/100을 나중에 곱해주는 방법이다.

넷째 유형(: 문제 분해 4)은 분수가 소수의 다른 이름이므로, 소수 0.01을 분수 1/100으로 고치고, 곱셈의 정의를 사용해서 해결할 수 있다. 따라서 0.52 × 809는 (52/100) × 809이며, 곱셈의 정의를 사용하여, (52 × 809)/100로 유도하여 계산하면 셋째 유형과 같게 된다.

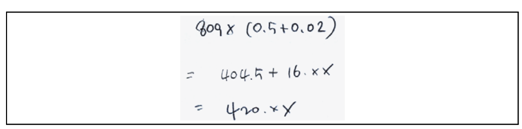
다섯째 유형(: 문제 분해 5)은 0.52 × 809에서 0.52를 0.5 + 0.02로 분해하여 덧셈에 관한 곱셈의 분배법칙을 사용할 수도 있다. 즉 0.52 × 809를 0.5 × 809와 0.02 × 809의 합으로 계산하면 된다.

따라서 문제분해 2와 문제분해 3으로 문제를 해결한 사례는 찾아 볼 수 없었고, 초등예비교사의 대부분은 문제분해 1, 문제분해 4, 문제분해 5를 사용하여 해결하였는데, (Fig. 4)와 (Fig. 5)와 같다.

문제분해 1을 사용한 사례는 전체 검사 대상자의 29.8%인 17명이 활용하였다. 그러나 문제분해 1을 사용하면 404.5로 계산되어, 문제에서 요구하는 정답인 430을 구하지 못하였다.



(Fig. 4) Example 1 of problem solving using problem decomposition



(Fig. 5) Example 2 of problem solving using problem decomposition

다섯째(추상화), 주요 아이디어를 정의하기 위하여

복잡성 감소시키는 것으로 문제의 주요 구성 요소를 대표적인 상징으로 정의하는 것인데, 문제를 분해한 내용을 바탕으로 핵심 요소를 추출하면, 다음의 세 가지로 추상화할 수 있다.

첫째 유형(:추상화 1)은 ‘문제 분해 1’과 ‘문제 분해 2’로부터 곱해지는 수인 0.52를 0.5 또는 1/2을 기준척도로 설정하거나, 곱하는 수 809에서 기준 척도를 100으로 설정하는 것으로 추상화할 수 있다.

둘째 유형(:추상화 2)은 ‘문제 분해 3’과 ‘문제 분해 4’로부터 추상화하는 것으로, 분수나 소수의 정의(definition), 곱셈의 정의 및 수학의 기본 성질인 결합법칙과 교환법칙을 사용하여 문제를 해결하는 것으로 추상화할 수 있다.

셋째 유형(:추상화 3)은 ‘문제 분해 5’로부터 추상화하는 것으로, 수의 분해와 수학의 기본 성질인 분배법칙을 사용하여 문제를 해결하는 것으로 추상화할 수 있다.

여섯째(알고리즘 및 절차), 추상화 단계에서 얻어진 세 가지 추상화를 기준으로 다음과 같이 여덟 가지의 알고리즘을 생성할 수 있다.

첫째 유형(:알고리즘 1)은 0.52를 0.5나 1/2로 기준척도를 설정하여 0.52×809를 0.5×800, 0.5×809 또는 0.5×810으로 어림한다.

둘째 유형(:알고리즘 2)은 다음과 같이 정리할 수 있다. 1단계: 0.01의 100배는 1이다. 2단계: 0.52는 0.01이 52이다. 3단계: 0.52×100은 52이다. 4단계: 0.52×800은 0.52×100의 8배이다. 5단계: 0.52×800은 52×8은 416이다. 6단계: 0.52×809는 416보다는 더 큰 수이기 때문에 보기에서 정답인 430을 선택한다.

셋째 유형(:알고리즘 3)은 소수의 정의(definition)와 결합법칙 및 교환법칙을 이용하여 문제를 해결할 수 있다. 1단계: 0.52를 (1/100)×52로 고친다. 2단계: 0.52×809는 {(1/100)×52}×809이다. 3단계: 결합법칙을 사용하여 (1/100)×(52×809)을 구한다. 4단계: 52×809를 먼저 곱한 뒤, 그 결과를 100으로 나눈다.

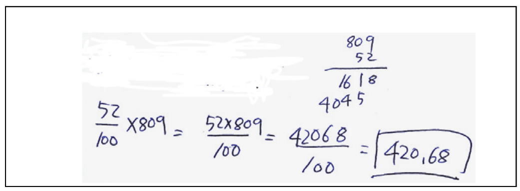
넷째 유형(:알고리즘 4)은 소수와 분수의 관계, 곱셈의 정의를 이용하여 문제를 해결할 수 있다. 1단계: 소수는 분수의 다른 표현이므로, 0.52는 52/100이다. 2단계: 0.52×809는 (52/100)×809이므로, 곱셈의 정의를 사용하여, (52×809)/100으로 쓸 수 있다. 3단계: 52×809를 먼저 곱한 뒤, 그 결과를 100으로 나눈다.

다섯째 유형(:알고리즘 5)은 곱해지는 수를 분해하는 경우이다. 1단계: 0.52×809에서 0.52를 0.5+0.02로 분해한다. 2단계: 분배법칙을 사용하여, 0.52×809를 0.5×809와 0.02×809의 합으로 계산한다.

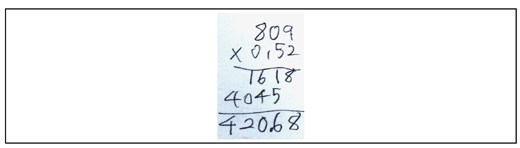
여섯째 유형(:알고리즘 6)은 곱하는 수 809를 800과 9로 분해한 후, 0.52×800과 0.52×9의 합으로 계산한다.

일곱째 유형(:알고리즘 7)은 곱해지는 수와 곱하는 수를 모두 분해하는 경우로서, 0.52×809를 (0.5+0.02) × (800+ 9)로 분해한 후, 분배법칙을 이용하여 문제를 해결한다.

여덟째 유형(:알고리즘 8)은 알고리즘 7을 자릿값과 연계시켜 세로셈으로 형식화 한다(Fig. 6, Fig. 7).



(Fig. 6) Example 1 of problem solving using abstract



(Fig. 7) Example 2 of problem solving using abstract

일곱째(자동화), 컴퓨터를 사용하여 과제 처리를 수행하는 것으로, 알고리즘을 프로그래밍화하여 처리하거나, 알고리즘의 일부분을 프로그래밍이 되어 있는 계산기를 활용하여 문제해결을 하는 것이다. 예를 들어 어림이나 정확한 값을 계산하기 위하여, 알고리즘 및 절차 단계에서 형식화 한 방법을 활용하여 액셀 프로그램의 직사각형 한 칸의 크기를 0.01로 약속한 후, 세로로 52칸을 색칠하고, 연속하여 가로로 809칸을 선택하면 0.52×809의 곱셈의 결과를 쉽게 시각적으로도 구할 수 있다. 또한 이 방법을 사용하면 0.52×809가 0.52×800로 어림된다는 것도 시각적으로 인식시킬 수 있다. 또한 0.52×809를 어림하거나 정확하게 계산하는 값을 구하는

순서도를 그리거나, 최근배(2019)의 연구에서 사용된 Python을 이용하여 프로그램으로 구현하는 것[2]도 자동화의 예를 설명하는데 좋은 방안이 될 수 있다.

여덟째(시뮬레이션), 주어진 문제와 성격이 유사한 문제인 0.48×908이나 0.48×998 등을 활용하여, 자료 해석 단계부터 자동화 단계까지의 내용을 확인해보는 활동을 수행하여 일반화할 수 있는 모델을 구성할 수 있으며, '알고리즘 및 절차' 단계에서 찾은 방법 들 중에서 어떤 방법이 더 효율적인지 검증할 수도 있다.

아홉째(평행화), 공통의 학습 목표에 도달하기 위해 여러 작업을 동시에 수행하는 것을 의미하는, 적용할 수 있는 아이디어의 예를 들면 첫째, 기준척도의 사용이나 정확하게 어림하는 활동이 요구되는 수업 상황에서 수감각이 낮은 학생들에게는 계산기, 교육공학 프로그램 또는 수학 교구를 활용하여 수업을 진행할 수도 있다. 둘째, 수학적 의사소통관점에서 동료들과의 협동학습이나 수감각 능력이 떨어지는 친구들에게 '우수한 학생들을 이용한 친구 선생님'을 활용하여 가르치는 방법을 도입할 수 있다. 셋째, 기준척도나 어림이 이용되는 실생활 소재를 이용하면, 수학과 실생활, 수학과 타 교과를 연결시키는 교육이 가능하다.

5. 결론 및 제언

2019년부터 시작되는 초등학교 소프트웨어 교육의 궁극적인 목적은 미래 사회에 더욱 요구될 CT 능력을 학생들이 갖추게 하는 취지이다[1]. 이러한 취지는 2015 개정 수학과 교육과정 문서에서도 발견할 수 있다. 2015 개정 수학과 교육과정의 교수·학습 방법의 한 유형인 '매체 및 도구 활용 학습'은 '시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용하는 수업으로 규정하고[7]' 있으며, 2015 개정 수학과 교육과정의 교과 역량의 하나인 '정보 처리 역량'을 함양하기 위한 교수·학습에서는 '계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다[7].'고 기술되어 있다. 한편 미국에서도 학생들을 위한 국가차원의 노력의 일환으로 NRC(2010)은 차세대 과학 표준의 과학 교육과정의 핵심 실습에 CT를 통합했으며, 국가 경제의 경쟁력을 유지하고 다른 문제에 대한 조사를 지원하고 복잡한 문제를 해결할 수 있는 능력을 강화하기 위해 과학 교육과정에서 CT의 중요성을 강조하고 있다[2][10]. 본 연구에서는 2019년부터 초등학교에서 소프트웨어 교육을 실시하여 CT를 강조하고 있지만, CT의 세부 요소에 초점을 두고 개발한 교재는 많지 않은 현실과 초등학교 현장에서의 소프트웨어 교육의 실질적인 효과는 이를 담당할 교사의 역량에 달려있다는 가정 하에, 초등학생들뿐만 아니라 초등예비교사들 조차도 정답률이 낮은 수감각과 관련된 문제에, CSTA 외(2011)에서 제시한 CT의 9가지 요소를 접목시키는 활동을 통하여, 수감각 능력을 향상시킬 수 있는 방법을 연구하였다. 이 결과는 초등수학의 내용을 활용하여 초등예비교사들에게 CT의 중요성을 인식시킴과 동시에 수감각 능력을 향상시킬 수 있는 사례 연구로서 가치가 있다. 그러나 본 연구는 특정 지역의 초등예비교사들을 대상으로 한 연구이므로, 연구 결과를 일반화하기에는 무리가 따를 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 연구 대상의 범위를 넓혀 일반화함과 동시에 본 연구에서 수행된 연구 방법을 활용한 다양한 교수·학습 자료가 개발되어, CT가 초등교육 현장에서 하루 빨리 정착되어지기를 기대한다.

참고문헌

[1] Choi Hyungshin (2016). Developing Pre-service Teachers' Computational Thinking: Analysis of the Five Core CT Competencies. *J. of the Korean Association of Information Education, 20*(6), 553-562.

[2] Choi Keunbae (2019). An Analysis of the Algorithm Efficiency of Conceptual Thinking in the Divisibility Unit of Elementary School. *J. of Korean Society of Mathematical Education, Series A: The Mathematical Education, 58*(2), 319-335.

[3] CSTA (2016). K-12 Computer Science Frame. Retrieved July, 23, 2019, from https://k12cs.org/wp-content/uploads/2016/09/K%E2%80%9312-Computer-Science-Framework.pdf

[4] CSTA & ISTE (2011). Computational Thinking Teacher Resources, second edition. Retrieved July, 23, 2019, from https://id.iste.org/docs/ct-documents/ct-teacher-resources_2ed-pdf.pdf?sfvrsn=2.

[5] Lee EunKyoung (2009). *A Robot Programming Teaching and Learning Model to Enhance Computational Thinking Ability*. Korea National University of Education doctoral thesis.

[6] McIntosh, A., Reys, B. J., & Reys, R. E. (1992). A Proposed Framework for Examining Basic Number Sense. *For the Learning Mathematics, 12*, 2-8.

[7] Ministry of Education (2015). *2015 Revised Mathematics Curriculum*. Korean Ministry of Education.

[8] Nam ChoongMo, Kim ChongWoo (2015), Analysis of Teaching and Learning Activities in Elementary Mathematics based on Computational Thinking. *The J. of Science of Education, 12*(1), 1-20.

[9] National Council of Teachers of Mathematics(NCTM) (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: The Author.

[10] NRC (2010). Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking. Retrieved July, 23, 2019, from https://www.nap.edu/catalog/12840/report-of-a-workshop-on-the-scope-and-nature-of-computational-thinking

[11] Pang JeongSuk (2005). A Study on the Computation and Number-Sense Ability of Elementary School Student. *J. of the Korean School Mathematics Society, 8*(4), 423-444.

[12] Resnick, L. B. (1989). Defining, Assessing, and Teaching Number Sense. In J. Sower & B. Schallelle (Eds.) *Establishing foundations for research on number sense and related topics: Report of a conference* (pp. 35-39). San Diego, CA: San Diego State University Center for Research in Mathematics and Science Education.

[13] Sengul, S. (2013). Identification of Number Sense Strategies Used by Pre-service Elementary Teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice, 13*(3), 1965-1974.

[14] Seo Ju Young, Kim Ja Kyoung, Kang Hye Jin (2015). A Study on Number Sense of Pre-Service Elementary Special Education Teacher. *J. of Special Children Education, 17*(4), 273-295.

[15] Seungki Shin, Youngkwon Bae (2018). The Concept of Computational Thinking through Analysis of Computer Education Framework in the United States and its Implications for the Curriculum of Software Education. *J. of the Korean Association of Information Education, 22*(2), 251-262.

[16] Tsao, Y. L. (2004). Exploring the Connections Among Number Sense, Mental Computation Performance, and the Written Computation Performance of Elementary Preservice School Teachers. *Journal of College Teaching & Learning, 1*(12), 71-90.

[17] Tsao, Y. L. (2005). The Number Sense of Preservice Elementary Teachers. *College Student Journal. 39*(4), 647-679.

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

[19] Yang, D. C. (2005). Number Sense Strategies Used by 6th Grade Students in Taiwan. *Educational Studies, 3*(13), 317-333.

[20] Yang, D. C., Reys, R. E. & Rey, B. J. (2009). Number Sense Strategies Use by Pre-service Teachers in Taiwan, *International Journal of Science and Mathematics Education, 7*, 383-403.

저자소개

김 해 규

1993 경북대학교 대학원 졸업 해석학(이학박사)

1997∼현재: 제주대학교교육대학 초등수학교육전공 교수

관심분야: 교사교육, 수업 전문성 computational thinking

e-mail : kimhag@jejunu.ac.kr

김 종 우

1997 동국대학교 대학원졸업 전산통계(이학박사)

1989∼현재: 제주대학교교육대학 초등컴퓨터교육전공 교수

관심분야: 컴퓨터교육, computational thinking

e-mail : woo@jejunu.ac.kr