

비전공자를 위한 컴퓨팅 사고력의 개념적 고찰

홍미선¹, 조정원^{1,2*}

¹제주대학교 지능소프트웨어교육센터 연구원, ²제주대학교 컴퓨터교육과 교수

A Conceptual Study on Computational Thinking for Non-majors

Mi-Sun Hong¹, Jungwon Cho^{1,2*}

¹Researcher, Intelligent Software Education Center, Jeju National University

²Professor, Department of Computer Education, Jeju National University

요약 본 논문은 컴퓨터 전공자가 아닌 비전공 일반인들이 이해하기 쉽게 컴퓨팅 사고력의 개념을 고찰하는 데 목적이 있다. 본 연구에서는 전문가 심층 인터뷰를 통해 컴퓨팅 사고력의 개념을 다음과 같이 고찰하였다. 첫째, 문제해결적 관점에서 문제발견, 창출 능력에 대한 관점으로 확장하여 인간다운 사고 즉 창의적 사고를 함양할 수 있는 사고력으로 정립하는 것이 필요하다. 둘째, 컴퓨팅 사고력의 개념을 인지적 측면뿐 아니라 정서적인 동기와 태도 측면에서 바라볼 수 있다. 셋째, 학습자의 성찰 능력의 향상을 돕는 컴퓨팅 사고로 개념을 확장하여 이를 바탕으로 교수 방법의 체계적인 설계가 필요하다. 본 연구의 결과가 향후 컴퓨팅 사고력 교육의 목적, 교수 방법적 측면에서 다양한 시도에 기초 연구가 될 것으로 기대한다.

주제어 : 컴퓨팅 사고력, 문제 발견 능력, 성찰 능력, 미래 역량, 컴퓨터 비전공자

Abstract The purpose of this paper is to examine the concept of computational thinking in an easy-to-understand way for non-computer majors. First, It is necessary to expand from the problem-solving perspective to the perspective of problem discovery and creation ability, and establish it as a thinking ability that can cultivate human-like thinking, that is, creative thinking. Second, the concept of computational thinking can be viewed not only in the cognitive aspect but also in the emotional motive and attitude aspect. Third, systematic design of teaching methods is needed based on the expansion of the concept to computational thinking that helps learners to improve their reflective ability. It is expected that the results of this study will serve as basic research for various attempts in terms of the purpose and teaching method of computational thinking education in the future.

Key Words : Computational thinking, Problem discovery ability, Reflective thinking, Future competency, Non-major for computer

1. 서론

21세기를 살아가는 모든 학습자들이 갖추어야 할 기초 소양으로[1,2] Wing 교수는 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking; 이하 CT로 칭함)을 제시하였다. CT는 문제를 컴퓨팅 시스템에서 효과적으로 수행하고 해결책을 표현하는 사고 과정[2]이며, 또한 전

체를 보는 사고로 문제를 세상과 분리된 것이 아니라 연관된 것을 인식하고 전체적인 관계 속에서 바라봐야 하는 사고이다[2].

하지만 컴퓨터 사고력이라는 이름에 걸맞게 ICT 활용 능력, 프로그래밍 역량을 넘어선 '사고력'에 대한 중요성을 담은 CT에 대한 정의는 충분하지 않다. 미래사

*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea. (NRF-2017S1A5A2A03067937)

*Corresponding Author : Jungwon Cho(jwcho@jejunu.ac.kr)

Received August 3, 2021

Accepted October 20, 2021

Revised September 20, 2021

Published October 28, 2021

회에 꼭 필요한 역량이라 하지만 실질적으로 CT의 필요성을 체감하기가 쉽지 않고 컴퓨터 비전공자 뿐 아니라 컴퓨터 전공자 또한 CT에 대해 이해하기가 쉽지 않다.

선행연구에서는 CT의 정의에 대한 명확한 이해 없이 CT 증진 프로그램 및 효과성 등의 연구가 진행되는 등, 문제해결능력을 중심으로 한 CT에 대한 정의에 기반한 연구가 다수였다[3,4]. 또한 CT 향상을 위한 교육이 각 나라와 기관마다 다양한 의견이 있지만 프로그래밍 교육이라는 협소한 측면으로만 접근하고 있기도 하였다[5]. Gerald Sussman(2010)은 워싱턴 D.C에서 열린 워크숍에서 컴퓨터 사고력은 특정한 문제를 효율적으로 처리하기 위해 문제를 분석하고 조직화하여 컴퓨터의 자동화 과정을 도출할 수 있도록 만드는 과정[5]이라 하였다. Wing[6]은 컴퓨터 사고력이란 문제를 컴퓨팅 시스템에서 효과적으로 수행하도록 문제와 그 해결책을 표현하는 것에 관련된 사고 과정이라 하였다.

컴퓨팅 사고력 개념을 고찰하는 또 다른 이유는 시대가 변화하고 기술이 발전하면서 CT가 시대변화와 관계없이 자리매김하기 위해서는 심도 있는 개념적 고찰과 다양한 측면에서의 접근이 요구된다고 보기 때문이다. 일반적 사고력과 무엇이 다른지 미래사회의 새로운 기술변화 속에서 기존 사고체계와는 차별화된 사고력의 개념으로 접근해야 할 것이다.

이를 위해 인간만이 사고할 수 있는 창의적인 사고 과정을 돕고 문제 발견, 가치 창출의 대한 개념의 접근이 필요하다. 다시 말해 CT의 개념 안에는 모두가 문제가 없다고 생각되는 상황, 아무도 문제를 제기하지 않은 상황에서 어떤 이슈를 찾아내고 창의적으로 생각하는 사고 과정에 대한 언급은 부족한 것으로 보인다. 어떤 문제를 만날 때 인간의 창의성이 필요한 부분은 더욱 인간다운 사고 과정으로 풀어야 하고, 자동화 및 조직화가 필요한 부분에 대해서는 컴퓨터의 처리 과정을 이해하고 활용해야 한다. 이런 관점에서 컴퓨터를 효과적으로 활용하는 사고 과정을 배우고 익혀야 한다는 필요성이 개념 안에 강조되어야 한다.

마지막으로 CT 역량 강화를 위해 발달단계별, 시기별 교육과정이 이루어지고 있는데 학급 간, 수준 간의 유기적 연결성이 필요할 것으로 본다. CT 역량의 최종적 목표가 무엇인지 정의한 후 그것을 이루기 위해 영유아 시기부터 단계별로 체계적으로 교육시켜야 하는 목표와 교육체계, 방법 등이 제시되어야 할 것이다. 그

러기 위해서 CT의 개념과 범위 등을 어떻게 정의내릴 것인지에 대한 연구가 진행되어야 한다.

본 연구에서는 컴퓨팅 전문용어, 관련 지식을 이해하기 쉽지 않은 비전공자들의 입장에서 이해를 돕기 위해 전문가 심층 인터뷰 방법을 활용하여 CT의 개념에 고찰해보고자 한다. 본 연구에서 말하는 비전공자란 대학교에서 컴퓨터 관련 과를 졸업하거나 관련된 직업을 갖지 않은 자를 말하며 소프트웨어교육 및 인공지능 교육 등을 학습하는 학생, 부모, 그리고 관심 있는 비전문가들을 통칭한다.

2. 선행연구

컴퓨팅 사고력(Computational Thinking; CT)은 미국 MIT의 Seymour Papert 교수가 1980년, 1996년에 그의 저서에서 용어를 사용하였지만 컴퓨터 과학 분야에서 전면으로 부각되지는 않았다. 이어 2006년 미국 카네기멜론 대학의 Jeannette M. Wing 교수의 연구에 의해 컴퓨터 교육 현장에서 이슈화되기 시작했다[1,2]. Wing(2006)은 CT를 21세기를 사는 모든 사람들이 갖추어야 할 사고 능력으로 규정하였고 컴퓨터 과학자뿐만 아니라 누구나 갖추어야 하는 기본적인 역량으로 제시하였다. 그녀는 무엇이 CT이고 무엇이 CT가 아닌지에 대해 다음과 같이 구분했다. '프로그래밍이 아니라 개념화에 관한 것이다', '컴퓨터가 아니라 인간이 생각하는 방법에 관한 것이다'라고 주장했다. 그 후 CT의 정의를 체계화하여 문제를 구성하고 그 문제에 대한 해결책을 제시함에 있어 정보-처리 체계에 의해 효과적으로 수행될 수 있는 형태로 제시하는 사고과정이라 하였다[7]. Cuny & Snyder[8]는 CT를 문제에 대한 해법을 만들어 내고 에이전트에 의해 효과적으로 수행할 수 있는 형태로 표현하는 사고 과정이라 하였다. Aho(2012)[4]는 CT란 문제들을 공식화하는 것에 관여하는 사고 과정으로 문제 해결안이 컴퓨터화된 단계와 알고리즘으로 표현될 수 있다고 정의하였다.

National Research Council(NRC) 주관의 워크숍에서는 CT의 개념을 문제해결을 위한 정신적인 도구 및 문제 해결과정을 나타내는 새로운 언어, 추상적인 모델을 자동화하는 것, 인지적인 도구 등의 다양한 범주로 주장하고 있다[9]. Czerkawski 외(2015)[10]은 CT교육을 통해 학습자들이 컴퓨터로 조작 가능한 문제를 인식하고 능숙하게 문제해결에 접근할 수 있도록 교육함으로써 더욱 효과적인 문제해결자가 될 수 있도록

하는 것이다.

앞선 연구의 정의를 요약하면 문제해결과정으로서 CT를 바라보고 있으며 컴퓨터가 처리할 수 있도록 어떻게 문제를 구성할 것인지에 초점이 맞춰져 있다.

문제 해결 관점에서 본 CT의 선행연구들을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. The concept of computational thinking

Scholar	The concept of computational thinking
Denning (2007)[11]	Computational thinking is the concept of computer science necessary to understand how to solve problems, design systems, and human behavior.
Wing (2011)[6]	Thinking process related to expressing a problem and its solution so that the problem is effectively performed in a computing system.
CSTA&ISTE (2011)[9]	CT is intended to help problem solving, and CTDL features include activities to organize problems, analyze data, and organize them logically so that computers and related tools can be used.
Aho(2012)[4]	It is a thought process related to expressing a problem in a form that can be solved, and the solution must be expressed in computing steps and algorithms
Czerkawski. et al (2015)[10]	Through CT education, learners can become more effective problem solvers by educate them to recognize problems that can be manipulated with computers and to approach problem solving skillfully.
Y. J. Lee. et al (2014)[12]	Procedural thinking ability to effectively and efficiently solve the problem to be solved by utilizing the capabilities of the computing system
K. K. Kim. et al (2015)[13]	The whole process of designing a method to use computing power and implement the solution in computer engineering in the process of carrying out various thinking for problem solving such as problem recognition, analysis, data collection, and analysis.
J. S. Lee (2015)[14]	CT is used as a consensus of computerized thinking, and a series of thinking processes that solve problems based on computerized concepts rather than understanding a series of thinking processes that solve problems by computers
J. W. Choi. (2016)[15]	In order to effectively and efficiently solve the problem facing, Computational thinking, Procedural thinking skills necessary to design problem-solving processes based on computer science concepts and principles and express them in a form that a computing system can perform

3. 연구 방법

3.1 연구방법 및 대상

본 연구는 심층 인터뷰 방법을 활용하여 전문가를 대상으로 질의하고 의견을 청취하는 조사 방법을 활용하였다. 심층 인터뷰는 경험적 사회연구에 있어서 질적 연구 방법에 속한다. 개별 인터뷰와 집단 인터뷰로 구분하

는데 본 연구에서는 CT와 관련된 학계 전문가 5명(대학교수 3명, 유관기관 연구원 2명), 현장 전문가(교사 3명, 강사 2명) 5명으로 총 10명에게 심층 인터뷰를 진행하였으며 전문가 구성 및 선정기준은 Table 2와 같다. 조사과정은 10인에게 전화 인터뷰를 진행하였고 2020년 9월 12일~ 12월 12일까지 약 3달간 진행되었다.

Table 2. Delphi Expert Composition and Selection Criteria

Division	Num.	Selection Criteria
Academic Expert	3	University assistant professor or higher
	2	More than 10 years of research experience in related institutions
Field Expert	3	More than 10 years of secondary teacher experience
	2	More than 15 years of teaching experience

3.2 연구 절차

3.2.1. 인터뷰 사전 준비 및 질문 구성

연구자는 연구목적에 중심으로 구조화된 사전질문을 계획하고 인터뷰 2주일 전에 메일을 통해 전문가들에게 질문지를 미리 보냈다. 인터뷰 질문의 구성은 Krueger & Casey(2000)가 제시한 질문 방식을 Schuck, Allen & Larson (2004)[16]가 재구성한 문항을 활용하였으며 시작 질문, 도입 질문, 전환 질문, 핵심 질문, 마무리 질문으로 구성하였다.

인터뷰 질문은 다음과 같다. 시작 질문은 (1) 평소 CT에 대한 관심이 있으셨습니까? (2) CT와 관련하여 어떤 일이나 경험이 있으십니까? (3) 미래사회는 어떤 역량을 갖춰야 한다고 생각하십니까? 로 구성하였다. 도입 질문은 (1) CT라 하면 어떤 이미지나 생각이 드십니까? (2) CT란 무엇입니까? 로 구성하였다. 전환 질문은 (1) CT가 함양되면 어떤 점이 좋을 것이라고 봅니까? (2) 가치발견, 문제발견 측면에서 CT를 본다면 어떻게 정의 내리는 것이 좋을까요? 로 구성하였다. 핵심 질문은 (1) CT가 향상된 사람들은 어떤 강점을 가지고 있을까요? (2) CT를 평가함에 있어 필요한 요인이 무엇이라고 생각하십니까? 로 구성하였다. 마무리 질문은 (1) 지금까지 말씀해 주신 것 외에 추가적인 의견이 있으십니까? (2) CT에 대해서 기타 하시고 싶은 말씀이 있을까요? 로 구성하였다.

3.2.2. 연구 분석 방법

본 연구의 분석 방법은 다음과 같다. 인터뷰 과정에서 얻은 자료 (음성자료, 문자자료 등)를 전사하고 확인된 정보는 주제별로 분류하여 코딩하였다. 그리고 인터뷰 질문별로 핵심키워드를 추출하고 이를 범주화하여 CT개념을 고찰하였다. 개별 심층 인터뷰 결과는 질문 사항별로 전문가의 의견을 정리하고 공통적 의견을 분류하여 핵심적 질문 5가지(컴퓨터 사고력의 정의, 컴퓨터 사고력이 미래역량인 이유, 강점, 측정요소, 창의력과의 관계)를 추출하였다.

4. 연구 결과

질문1. [정의] CT란 무엇입니까? 비전공자들에게 CT를 어떻게 설명할 수 있을까요?

“CT의 개념은 현재 모호하다. 어떻게 보면 사고력을 먼저 정의하기 보다는 거꾸로 그게 뒀네..라는 질문으로 정의를 거꾸로 찾아가는 방식이어야 한다. Wing 교수가 말한 컴퓨터과학자들의 사고방식이 도대체 뒀네 라는 접근에서 그 정의를 고찰해야 할 것이다.”

(유연성이 확보된 개념)

“CT의 개념을 정립하기 위해서는 지금 경험한 아이들이 어떤 성과가 나는지 봐야 할 수 있을 것이다. 10년은 내다봐야 할 문제가 아닌가 싶다.”

(유연성이 확보된 개념)

“문제해결에 포커스가 되어있다. 알파고 사건 등의 인공지능 관련 일련의 사건들이 있으면서 사람들이 정보교육의 필요성에 대한 확대가 있었던 것 같고...CT를 찬찬히 들여다봤을 때 문제를 단순히 해결하고 풀고.. 이것이 중요한 것이 아니라 새로운 미래에는 문제를 발견하고 문제를 찾고 하는 능력이 필요하다는 의견이 훨씬 많아지고 있다. 또한 문제를 바라보는 능력이 개념에 포함되어야 할 것이다” (문제발견능력)

이상의 답변을 통해 CT의 개념은 고정된 것이 아닌 유연성이 확보된 개념으로 봐야 할 것이다. 일반적 사고력과 다른 CT만의 개념을 정립하기 위해서는 다양한 효과성 검증 연구에 관한 연구와 CT 향상 교육을 받는 사람들과 그렇지 않은 사람들의 추적조사를 통해 CT의 영향 변인에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

현재 시점에서 CT의 개념 정의를 고찰할 부분은 CT 개념을 광의적 개념으로 접근하여 CT교육의 효과성이 어떻게 나타나고 있는지를 살펴봐야 할 것이다. 문제해

결능력을 넘어 문제발견능력, 가치창출능력의 향상을 도모할 수 있는 개념적 확장이 CT교육 프로그램의 개발 및 평가에 있어서도 기존과는 다른 접근이 필요할 것이다.

또한 CT를 한때 유행하는 용어가 아닌 정보기술의 발전과 그로 인한 사회변화가 계속될 미래 사회를 위해 꼭 함양해야할 핵심 역량으로서 강조되어야 할 것이다.

질문2. [미래사회 역량] 왜 CT가 미래사회의 역량이라 생각하시나요?

“4차 산업혁명 시대, 인공지능 시대라는 단어로 미래 사회를 표현하고 있습니다. 미래사회는 소프트웨어 중심 사회이고 이러한 변화에 소프트웨어 역량이 정말 중요하다고 생각합니다. 더불어 창의적, 논리적, 계산적인 사고를 통해 실생활의 다양한 문제들을 발견하고 해결해 나갈 수 있는 컴퓨팅 사고력이 요구됩니다.” (문제발견능력)

“컴퓨팅 사고력이 추구하는 사고를 계속하면 다른 분야의 일을 할 때도 도움이 될 것이라 생각합니다. 갈등을 조정하고 수용능력을 갖추고 있고...문제에 대한 확장하는 능력이 갖춰있는 상태가 미래사회는 필요합니다.”(갈등조정능력, 수용능력, 문제확장능력)

Palts(2017)는 컴퓨팅 사고력 학습모델을 제시하고 구조화, 형식화, 최적화, 연관성 및 상호작용, 재사용 또는 공유, 재설계 단계가 반복하면서 컴퓨팅 사고력의 학습 과정이 이루어짐을 설명하였다. 그는 인간과 컴퓨터의 상호작용이 중요하며 고정된 순서 없이 동적으로 활발하게 사고한다고 주장하였다[17].

컴퓨팅 사고력은 종합력 사고력을 가지고 실생활의 다양한 문제를 발견, 해결하는 역량이다. 단순한 계산적 사고를 넘어 인간과 인간, 인간과 컴퓨터 간 협업 능력, 갈등조정능력, 수용 능력, 문제확장능력 등 창의적 사고력을 요하는 미래사회 역량이라 할 수 있을 것이다.

질문3. [강점] CT가 향상된 사람들은 어떤 강점을 가지고 있을까요?

“어떤 문제가 주어지든 간에 자기 앞에 두어 재미없지만 어떻게 하면 이걸 재미있게 할까를 생각한다거나 두서없이 뒤죽박죽 섞여있던 아이들이 서론, 본론, 결론으로 이야기 하는 것을 보면 변화하고 있구나 하죠.” (논리적 시각의 변화)

“시행착오를 즐기는 아이들이 많다. 중간에 대개 막

하는데 생각을 해도 잘 안나오고..그렇게 되면 안되는 아이들은 실패하고 포기하는데 관심 있는 아이들을 보면 이런 상황을 즐기고 그 외중에 오류를 찾는다는 것이다. 또한 갈등을 해결하려고 한다. 다른 아이들의 의견도 듣고 자기 얘기도 하는 아이들이다”(실패에 대한 도전의식)

“요즘 아이들은 생각을 하지 않으려고 하는데 이 수업을 하고 나면 어떤 상황이 있으면 그것을 문제라고 생각하고 어떻게 해결할지를 호기심과 궁금증을 가지고 봐요.”(문제에 대한 민감도)

“현대와 미래사회의 새로운 장인 온라인과 컴퓨터를 이용하는 영역에서 기본 원리와 매커니즘을 이해하는 역량이 생기므로 최소한 자신의 삶에 대한 자주성을 가지고 정보와 사회문제를 판단할 수 있습니다. 또한 컴퓨팅으로 자신의 아이디어를 표현할 수 있으므로 온라인 세상에서 자존감, 자신감을 가지고 생활할 수 있습니다.”(문제해결의 주도성)

“문제를 쪼개고 다시 생각하고 해결한 다음 다시 확장하여 다른 문제에 적용하는 것을 잘한다. 프로세스 전체 과정을 경험하고 나면 어떤 방법으로 자동화를 해놓고 이곳저곳에서 쓸 수 있겠다는 확장 사고가 생기고 그런 측면에서 도움이 된다고 생각한다.”(문제의 확장성)

컴퓨팅 사고력의 개념을 살피기 위해 컴퓨팅 사고력의 정의에 따른 역량이 향상된 사람들이 보통 사람들과 비교하여 어떤 차이를 보이게 되는지, 질문 3을 통해 현장 교사 등의 전문가 들은 다음의 세 가지 변화에 주목하였다.

첫째, 문제에 대한 민감도 및 시각의 변화이다. CT를 활용하여 문제를 해결하다 보면 논리적이고 체계적으로 생각하게 된다. 문제를 분해하고 유목화하는 과정에서 문제를 보는 새로운 시각을 갖게 된다. 이러한 프로세스를 경험하면 문제에 대해 민감하게 사고하게 되고 이를 통해 어떤 변화를 논리적으로 줄 수 있는지 컴퓨팅을 활용한 효과적인 방법을 모색하게 된다.

둘째, 문제에 대한 주도적인 태도와 도전 의식을 가지게 된다. 자신의 아이디어가 실현화되는 과정을 경험하면서 자신감이 향상된다. 자신의 삶에서 둘러싼 문제를 스스로 해결하는 경험을 통해 주도적인 태도를 갖게 된다.

셋째, 문제의 확장적 사고이다. 어떤 문제를 최대한 확장하는 과정을 통해 창의적 사고가 발휘된다. 컴퓨터를 통해 수행이 되어야 하기 때문에 그 과정에서 최대한 논리적 사고력이 필요하며 확장과 수렴이라는 과정

속에서 사고력은 향상된다.

질문4. [측정요소] CT를 측정함에 있어서 필요한 요소는 무엇이라 생각하십니까?

“측정은 지필식으로 이루어지기 보다는 프로젝트성 과제가 주어지고 전반적으로 아우르는 측정이 필요하다. CT는 썩킹 프로세스이기 때문에 전 과정에서 어떻게 하는가를 보면서 측정하는 것이 낫지 않는가 싶다.”(과정 중심 측정)

“분석하는 능력, 관련된 자료를 찾는 능력, 추상화 능력, 핵심요소를 추출하는 능력, 프로그래밍 능력... 전체적인 능력을 잘 진해하는 것 등 세부적으로 측정하는 것이 좋지 않을까 싶습니다.”

(분석 및 검색능력, 추상화 능력, 핵심요소 추출 능력)

CT의 측정은 경험적이고 과정 중심의 측정이 필요하다. 문제 분석 능력, 검색 능력, 추상화 능력, 핵심 요소 추출 능력 등 다양한 사고 능력을 측정해야 하며 이를 종합하는 능력을 발휘해야 한다.

질문5. [창의성과의 관계] CT와 창의력은 어떤 관계가 있을까요?

“확실히 티가 나요. 추상화를 열심히 연습한 아이들은 확실히 창의력 측면도 달라요.”(문제의 확장성)

“한번 정보교육을 경험한 아이들은 점점 새로운 아이디어를 내놓는다. 수업시간에 디자인씽킹으로 아이디어 어까지 잘 나온다. 근데 실제로 소프트웨어로 구현해볼까 할 때 처음엔 실패했다. 못하겠다 등...그럴때 창의성을 높이는 것인가를 생각했다. 하지만 분명 한번 해본 아이들은 다음에 더 다양한 아이디어를 낼려고 하더라.”

(문제의 확장성)

“컴퓨터의 장점이 시뮬레이션을 할 수 있다는 것인데 CT 향상 교육을 받은 아이들은 해서 안 되면 다른 것을 넣어보고 다시 시도하고 등 하면서 기존에 있지 않은 방법을 찾아내고 다른 것을 끼워넣더라. 창의적으로...”

(문제의 확장성)

CT의 개념에서 문제의 확장성 측면을 교수설계 및 체계 연구에서 고려해야 한다. 특히 CT와 창의력과의 관계를 검증하기 위해서는 문제의 확장성을 고려한 교육프로그램이 설계되어야 한다. Table 3은 델파이 설문 분석 결과를 정리하여 나타내었다.

Table 3. Delphi Survey Analysis Results

Division	Survey Content
Concept	concept with flexibility, problem-solving ability
Future Society Ability	problem-solving ability, Conflict Resolution Ability,
Strength	change of logical perspective, Sensitivity to problems, initiative and scalability
Measured Factors	Process-oriented measurement, Analysis and search capabilities, abstraction ability, Ability to extract key elements
Relationship with Creativity	scalability of the problem

5. 결론 및 제언

지금까지 학계 전문가, 현장 전문가 인터뷰를 통해 CT의 핵심 개념을 추출하였고 이를 바탕으로 비전공자를 위한 CT의 개념을 고찰하였다. 미래사회 역량으로서 강조되고 있는 CT에 대해 살피고, 사고력에 적합한 역량으로서 정의내릴 수 있도록 CT 교육의 효과성 검증, CT 합의를 위한 절차 및 프로세스 연구 등이 앞으로 계속되어야 할 것이다. 본 연구의 결론 및 제언은 다음과 같다.

5.1 문제해결능력에서 문제발견능력으로 확장

컴퓨팅 사고력(Computational Thinking)을 영문 그대로 직역하면 계산적 사고를 의미한다. 하지만 CT라는 용어 자체부터 개념을 정의하는데 협의적으로 접근하게 한다. 사고를 함에 있어 절차, 과정은 중요하지만 문제 발견과 창의성은 절차, 과정적 사고에서 나오는 것이 아니다. 계산, 저장, 반복은 컴퓨터가 더 잘하는 것이고 인간은 그것을 뛰어넘어 사고하고, 발견하고, 가치를 창출해야 한다. 당연히 소프트웨어교육을 통해 프로그래밍 방법을 익혀 문제를 해결 가능한 형태로 표현하여 컴퓨터가 자동적으로 그것을 처리하고 저장할 수 있도록 하는 것도 중요하지만 그것만으로는 CT가 미래 기본 역량으로 면모를 내세우는데는 한계가 있다.

CT는 인간이 컴퓨팅에 대한 이해를 바탕으로 효과적으로 문제를 해결하기 위해 컴퓨팅 기술을 활용하거나 직접 제작 할 수 있으며, 컴퓨팅을 사용하지 않는 이전의 사고 과정보다 더 효율적, 효과적인 문제해결, 문제창출을 경험하게 하는 능력이라 할 수 있다. CT의 개념에 컴퓨터가 인간보다 훨씬 더 잘할 수 있는 계산, 저장, 반복 등의 기능을 최대한 활용하기 위한 사고 능력을 배양하는 것의 관점과 인간이 컴퓨터보다 더 잘할

수 있는 창의적 사고, 문제 발견적 사고를 익힐 수 있는 것의 관점이 필요하다.

CT와 창의적 사고의 연관성에 대한 선행연구를 살펴보면 서영호 외(2016)는 초등 SW 교육에서 동료 프로그래밍 교육이 CT와 창의성 향상에 긍정적 영향이 있다고 보고하였다. 이정민 외(2017)[18]연구에서 초등 SW교육에서 CT-창의성, CT-학습흥미가 정적인 상관 관계를 보인 것으로 나타났다. 김용민(2018)[19]은 데이터 과학 교육 프로그램이 CT와 창의성을 향상시키는 것을 입증하였다. 이는 CT의 개념이 문제 해결적 관점에서 벗어나 광의적 개념이 필요함을 보여준다.

CT가 모든 역량과 능력을 설명해야 한다는 것은 아니다. 하지만 CT를 향상하면 컴퓨터가 하는 프로세스를 익히고 끝나는 것이 아니라 인간다운 사고력 또한 더욱 향상시킬 수 있다는 교육 목표가 제시되어야 할 것이다.

5.2 인지 및 정서적 측면을 고려한 개념

CT는 복잡하고 불완전하게 정의된 실세계의 문제를 해결함에 있어 컴퓨터가 사람의 도움 없이도 실행할 수 있는 형태로 변환시키는 사람의 인지적 능력이다[20]. 사고력이라고 명명한다는 것은 인지능력에 대한 중요성을 강조할 수 있지만 지속적이고 복잡한 인지 처리를 위해서는 정서적 측면을 감안하지 않을 수 없다. 선행 연구를 분석해보면 컴퓨터 프로그래밍 교육의 효과에 대한 메타 분석 연구에 따르면 자기효능감(0.726), 학습 동기(0.703)가 비교적 높은 효과 크기를 보였고, 창의성(0.667), 학습 태도(0.629), 성취도(0.596), 학습물 입도(0.596), 사고력(0.578)이 보통의 효과 크기를 보였다[21]. 또한 Howard. Ma 외(2016)은 ICT에 대한 긍정적 인식이 학습참여, 성과에 효과적인 학습패턴을 보여준다고 제시하였다. 언플러그드 활용 프로그래밍 학습에서도 자기효능감, 긍정적 정서적 기대를 통해 효율성이 높아진 연구가 제시되고 있다[22].

컴퓨터 프로그래밍의 교육이 학습자의 정서적 측면의 변화를 가져온 이유는 무엇인가? 자기효능감, 학습 동기 등은 인지적 측면이라기 보다는 정서적 요소가 강한데 프로그램의 교육적 효과로 나타나는 것에 대해 주목해보고자 한다. 최근 국내 과학이나 수학 분야의 교육 연구에서도 CT를 도입함으로써 학습자가 무조건 개념과 원리를 암기하는 학습이 아닌 탐구력 향상과 깊은 이해를 돕는 학습을 할 수 있도록 노력하고 있다. 사고

력은 인간의 근육과 같아서 지속적인 학습과 훈련으로 단련시켜야 한다. 지속적인 인내력과 문제에 대한 집착성은 분명 인지적인 능력만으로 해결할 수 없다. 정서적인 동기와 태도 등이 종합적으로 뒷받침되어야 한다. CT의 개념을 인지적 측면 뿐만 아니라 정서적 측면의 중요성을 언급하는 것이 필요하다.

5.3. 비전공자들이 이해하기 쉬운 개념

CT의 개념과 중요성, 필요성을 잘 알아야 하는 이해 관계자는 소프트웨어 개발자, 연구자, 현장 교사뿐만 아니라 학부모, 학습자 등 컴퓨터 비전공자들도 해당된다. 컴퓨터 비전공자들이 충분히 이해할 수 있도록 CT의 주요 특징과, 왜 미래사회에 꼭 필요한 역량인지 등을 설명할 필요가 있다.

CT를 가능한 어린 시기부터 함양될 수 있도록 부모-자녀 간의 상호작용에 기반한 교육 설계가 필요한지에 대한 고찰이 필요하다. 또한 인간-컴퓨터, 인간-인간, 컴퓨터-컴퓨터 간의 의사소통을 효과적으로 하기 위한 방안으로 CT의 개념을 살피는 것도 중요하며 효과적인 의사소통을 위해 상대방의 성격(성질), 장단점, 특성, 사고과정 등을 잘 알아야 하기 때문이다. 즉 CT는 컴퓨터와 잘 대화하고 활용하기 위해서 이해하는 과정이 필요하다는 것이다. 비전공자들에게는 효과적인 의사소통 방법의 하나로 CT를 이해할 수 있다. 이러한 개념 이해를 위해서는 CT 프로세스 중 자동화 과정보다 추상화 과정에 대한 교수설계와 중요성을 강조할 필요가 있다. 추상화 과정을 통해 문제발견과 문제해결을 하게 되는데 이때 충분한 사고 과정과 의사소통과정이 필요함을 주장해야 한다. 또한 교수자는 이러한 부분을 염두하고 교육적 개입을 할 수 있어야 한다.

5.4. 학습자의 성찰능력을 향상시키는 개념

성찰적 사고는 학습자가 스스로 문제의 원인을 발견하고 해결하는데 도움을 준다. 성찰적 사고는 긍정적 정서를 지속적으로 유발시키고[23-25] 자아효능감을 높일 수 있다. 이러한 성찰적 사고를 향상함으로써 CT의 증진을 도울 수 있다.

이명자(2020)[26]는 CT 증진을 위해 긍정적 정서조절을 유도해야 한다고 주장하였다. 이를 위해 정서적 친숙성, 긍정적 기대, 흥미, 긍정적 피드백, CT 증진 학습 주제 선택, 성찰적 사고, 상호작용, 협력 등을 도출하였다. 특히 긍정적 피드백과 지지를 통해 학습자는 긍정적

자아효능감을 가질 수 있다. 학습자는 어떤 문제를 발견하고 해결하는 과정에서 수정하고 전 과정을 살펴보는 등의 디버깅 과정을 거치게 된다. 시행착오를 통해 사고력은 확장되고 그 과정에서 반성적 성찰이 필요하다.

정서적 측면 즉 성찰력, 동기, 흥미 등을 위한 긍정적 피드백과 반성적 성찰 활동을 포함한 CT 교육을 위한 교수설계와 교수학습방법에 대한 연구 등이 앞으로 더욱 활발히 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] J. M. Wing. (2006). Computational Thinking, *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. DOI : 10.1145/1118178.118215
- [2] J. M. Wing. (2008). Computational thinking and thinking about computing, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. DOI : 10.1098/rsta.2008.0118
- [3] B. C. Czerkawski & E. W. LymanIII. (2015). Exploring issues about computational thinking in higher education, *Tech Trends*, 59(2), 57-65.
- [4] A. A. Aho. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. DOI : 10.1093/comjnl/bxs074. 2012. 07.01.
- [5] C. Selby, M. Dorling, J. Woollard. (2014. December). *Evidence of assessing computational thinking*. University of Southampton Institutional Repository (Online). <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/372409>
- [6] J. M. Wing. (2011. May). *Research Notebook: Computational Thinking-What and Why? The Link*. Pittsburgh, PA : Carneige Mellon.
- [7] J. M. Wing. (2010. November. 17). *Computational Thinking: What and Why?*, Carnegie Mellon University.
- [8] J. Cuny, L. Snyder & J. Wing. (2010). *Computational Thinking, A Definition*. (in press) (Online). <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/356481>
- [9] CSTA & ISTE (2013). *Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education*. National Research Council.
- [10] B. C. Czerkawski & E. W. LymanIII. (2015). Exploring issues about computational thinking in higher education, *Tech Trends*, 59(2), 57-65.
- [11] P. J. Denning. (2010. August. 26.). Ubiquity Symposium "What is computation?"; Opening Statement, *Ubiquity. an ACM publication 1*.

DOI : 10.1145/1880066.1880067

- [12] Y. J. Lee et al. (2014). *Basic Research for Introduction of Computational Thinking Skills in Elementary and Secondary Schools*, Korea Science and Creativity Foundation.
- [13] K. K. Kim & I. Y. Lee. (2015). Analysis of the Effectiveness of Computational Thinking-Based Programming Learning. *The Journal of Korean association of computer education*. 19(1), 27-39.
- [14] J. S. Lee. (2015). A Study of Design Thinking Adaptation to Computer Education Based on Computational Thinking -Focused on Computer Education for Elementary School. *Journal of The Korean Society Design Culture*, 21(1). 455-467.
- [15] J. W. Choi. T. W. Lee. & Y. J. Lee. (2016). Establishing the concept of computational thinking. *The Korean Association of Computer Education.*, 20(1), 21-25.
- [16] N. G. Schuck, B. L. Allen & K. Larson. (2004). *Methodology Brief: Focus Group fundamentals*. Iowa State : University Digital Repository.
- [17] H. B. Kim. (2018). A Study on Instructional Model based on the Computational Thinking for Informatics Education. *Journal of The Korean Association of Information Education*. 22(1). 1-8. DOI : 10.14352/jkaie.2018.22.1.1.
- [18] J. M. Lee., Y. J. Jung & H. K. Park. (2017). Gender Differences in Computational Thinking Creativity and Academic Interest on Elementary SW Education. *Journal of The Korean Association*. 21(4), 381-391. DOI : 10.14352/jkaie.2017.21.4.381.
- [19] Y. M. Kim. (2018) *Data Science Education Program to Improve Computational Thinking and Creativity*. Doctoral dissertation. Jeju National University. jeju.
- [20] BCS, The Chartered Institute for IT. (2014). *Call for evidence-UK DigitalSkills Taskforce*.
- [21] C. M. Yang. (2016). Computer Science Unplugged Activities of Graph Theory for Primary School Students. *Journal of The Korean Association of Information Education*. 20(1), 93-100. DOI : 10.14352/jkaie.2016.20.1.93.
- [22] J. R. Kim. (2018). A study on systematic review of unplugged activity. *Journal of The Korean Association of Information Education*. 22(1), 103-111 DOI : 10.14352/jkaie.2018.1.103.
- [23] S. W. Kim. (2017). Analysis about the Initial Process of Learning Transfer in Computational

Thinking Education. *The Journal of Korean association of computer education*. 20(6), 61-69

- [24] I. H. Yoo. (2016). Software Engineering: A Study on SW Development Process for Increasing Computational Thinking. *KIPS Transactions on software and data engineering*. 17(3), 165-194. DOI : 10.3745/KTSDE.2016.5.2.51.
- [25] Y. O. Song. (2017). Design and Implementation of Reflection-based Coding Education: Case Study of "SW and Computational Thinking" Courses at H University, *Journal of Educational Technology*, 33(3), 709-736. DOI : 10.17232/KSET.33.3.709.
- [26] M. J. Lee. (2020). *Development of Instructional Design Principles Promotion Emotional Regulation for Enhancing Computational Thinking*. Doctoral dissertation Sejong University. Sejong.

홍 미 선(Mi-Sun Hong)**[정회원]**

- 2010년 8월 : 제주대학교 교육학과 (교육학석사)
- 2017년 2월 : 제주대학교 교육학과 (교육학박사)
- 2017년 3월 ~ 2020년 12월: 제주대학교 교육혁신본부 선임연구원

- 2021년 01월 ~ 현재: 제주대학교 지능소프트웨어교육센터 전임연구원
- 관심분야 : 미래 교육, 컴퓨팅 사고력 교육, 교수 방법, 학습 및 진로 코칭
- E-Mail : happyedu@jejunu.ac.kr

조 정 원(Jungwon Cho)**[종신회원]**

- 2004년 2월 : 한양대학교 전자통신전파공학과(공학박사)
- 2004년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 교수
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한국컴퓨터교육학회 부회장, 논문지편집위원장

- 2012년 12월 ~ 현재 : 한국정보과학회 전산교육시스템 연구회 위원장
- 2018년 7월 ~ 현재 : 제주대학교 지능소프트웨어교육센터 센터장
- 2021년 1월 ~ 현재 : 한국디지털정책학회 인공지능연구회 위원장
- 관심분야 : 정보·컴퓨터(SW, AI)교육, 지능정보윤리, 지능형시스템, 멀티미디어
- E-Mail : jwcho@jejunu.ac.kr