

Computational Thinking의 초등교육 활용 방향

On the Direction of the Application of the Concepts of Computational Thinking for Elementary Education

문교식

대구교육대학교 컴퓨터교육과

Gyo Sik Moon(gmoon@dnue.ac.kr)

요약

다양한 전문영역에서 계산사고의 개념이 확산되고 있는 추세이다. 이에 따라 이제 컴퓨터 교육 분야에서 도 정규교육에서 계산사고를 교육해야 할 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 Computational Thinking이라는 용어의 번역에 대한 논의와 계산사고의 특성과 필요성 및 중요성을 알아보고, 계산사고의 학습 유형으로 컴퓨팅 도구를 사용하는 학습과 사용하지 않는 학습에 대해 살펴본다. 초등교육에서의 계산 사고 활용 방향을 탐구할 목적으로 계산사고의 학습목표를 논의하고, 계산사고의 학습내용을 제시한다. 초등교육에서 계산사고의 활용에 대한 방향을 모색하기 위하여 초등교사 33명을 대상으로 계산사고의 활용에 대한 의견을 조사하였다. 조사 결과에서 거의 모든 응답자들이 정규교육에서 계산사고 교육의 필요성에 동의하였고 다른 흥미 있는 결과도 논문에 제시하였다.

■ 중심어 : | 계산사고 | 컴퓨터 교육 | 초등교육 |

Abstract

The notion of computational thinking is currently gaining much attention from a variety of disciplines. Accordingly, computer education community needs to address this issue for formal education. In the paper, the translation issue on the terminology - 'computational thinking' - is discussed. As a brief introduction to computational thinking the characteristics and necessities as well as its importance are presented. The types of learning computational thinking are presented, which are learning with computing tools on one hand and without them on the other hand. Furthermore, learning objectives of computational thinking as well as the contents are also investigated for the application of computational thinking in elementary education. A survey was conducted for thirty three elementary school teachers on behalf of investigating directions of teaching computational thinking in elementary education. It shows that almost all respondents agree to teaching computational thinking in formal education and it also shows other interesting results as stated in the paper.

■ keyword : | Computational Thinking | Computer Education | Elementary Education |

* 본 논문은 2011학년도 대구교육대학교 교내학술연구비 지원으로 연구한 것임.

접수번호 : #130319-003

심사완료일 : 2013년 06월 10일

접수일자 : 2013년 03월 19일

교신저자 : 문교식, e-mail : gmoon@dnue.ac.kr

I. 머리말

우리나라의 컴퓨터교육은 1970년의 ‘전자계산기 교육계획’에 의해 상업계 고교의 ‘전자계산기일반’ 과목으로 시작하여, 3차 교육과정에서 일반계 고등학교로 확대되었고, 1980년대에 이르러 일반 보통교육으로 확대되었다. 1983년에 초등학교의 특별활동에서 컴퓨터 교육이 최초로 도입되었고, 1990년대 5차 교육과정에서 초등학교 실과에 컴퓨터 교육이 도입되었다. 1997년의 7차 교육과정에서 “세계화, 정보화”를 키워드로 내세우면서 초등학교 1학년에서 10학년까지 매주 1시간씩 컴퓨터교육을 필수화하였는데, 이때의 컴퓨터교육을 한마디로 요약하면 정보소양과 활용교육이었다. 이후 2001년 교육부의 ‘ICT(Information and Communication Technology, 정보통신기술) 활용 학교 교육 활성화 계획’은 응용 프로그램의 활용을 바탕으로 한 문제해결능력의 신장이라는 그 당시의 컴퓨터 교육 목표를 보여주었다. 이후 컴퓨터우리의 중요성이 부각되었고, 컴퓨터 과학의 원리와 개념 교육이 중요함을 인식함에 따라 이러한 내용이 2005년 12월 개정안에 포함되었다[1][2]. 그러나 2005년의 개정안에도 불구하고 학교 현장의 컴퓨터 교육은 여전히 활용 위주의 교육이 이루어지고 있고 컴퓨터 과학적 원리와 개념에 대한 학습은 제대로 이루어지지 않고 있다. 그러나 그러한 방향의 설정은 바람직한 것으로 평가를 받고 있다[3][4].

한편 컴퓨터교육의 선도국인 미국에서는 1999년에 정보교육의 유창성(Fluency with Information Technology)이라는 컴퓨터교육의 새로운 방향을 제시하였는데 그 요지는 학교 졸업 후에 정보기술의 변화에 능동적으로 대처하여 필요한 새로운 기술을 스스로 획득할 수 있는 능력을 길러주는 것이 컴퓨터교육의 목표가 되어야 한다는 것이다[5]. 이러한 방향의 배경은 급속한 기술변화로 인하여 학교에서 배운 정보기술의 기능 습득이 졸업 후 빠르게 구식이 되어버리는 현상으로부터 원리 중심의 기초 개념을 토대로 기능을 습득해야 하는 것이 중요하다는 것이다. 이러한 방향은 과거의 ICT 활용 교육에서 탈피한 새로운 방향이었고 우리나라의 2005년 개정안에 반영이 되어 현재에 이르고 있

다[1].

1999년의 유창성 보고서에 이어서 10년 후인 2009년에 미국의 워싱턴 D.C.에서 Computational Thinking (계산사고)에 대한 1차 워크숍을 가졌고, 2010년에 2차 워크숍을 가졌다[6][7]. 두 차례의 워크숍에서 컴퓨터교육 전문가를 비롯하여 다양한 분야(예를 들면, 물리학, 생물학, 법학, 고고학, 등)의 전문가들이 참여하였다. 1차 워크숍에서는 주로 계산사고의 성격과 특징, 그리고 정의에 대한 논의가 있었으며, 2차 워크숍에서는 주로 계산사고의 교수 방법에 대한 논의가 있었다. 계산사고가 등장하게 된 배경은 비계산영역을 포함한 각 전문 분야에서 컴퓨터 과학적 문제해결방법의 활용이 필요하게 되었기 때문이다. 계산도구, 정보처리도구, 저작도구, 개발도구로써의 컴퓨터와는 다른 새로운 형태의 지적 도구로 컴퓨터를 활용하는 것인데, 컴퓨터과학에서 개발된 문제해결의 개념과 방법을 다른 전문 분야에 적용함으로써 기존의 방법으로는 불가능하거나 비효율적이었던 일들의 해결이 가능해졌다[8]. 따라서 이러한 개념에 대한 학습의 필요성이 제기되었고 그 대상은 모든 전문영역에 해당된다.

각 전공을 배우는 대학생들을 포함하여 K-12 학생들에 대한 계산사고의 교육이 필요함을 2차에 걸친 계산사고 워크숍에서 대다수의 전문가들이 일치된 의사를 표시했다. 이제 각 학교 급별로 어떻게 계산사고를 활용해야 할지에 대한 본격적인 논의를 시작할 때가 되었다[9-12]. 본 논문에서는 우리나라의 초등학교에서 계산사고를 어떻게 활용할 것인지에 대한 방향을 제시한다. 2장에서는 계산사고의 개요를 다루는데 그 내용으로 정의, 특성, 필요성과 중요성을 다룬다. 3장에서는 계산사고의 학습 유형을 제시한다. 적용은 크게 컴퓨터 프로그래밍 없는 학습과 컴퓨팅 도구를 사용하는 학습으로 나누어 볼 수 있다. 4장에서는 초등교육에서 계산사고를 활용하기 위한 방향의 제시를 위하여 계산사고의 학습목표와 학습내용을 제안한다. 초등교육에서 계산사고의 활용에 대한 방향을 모색하기 위하여 초등교사 33명을 대상으로 계산사고의 활용에 대한 의견을 조사한 결과를 제시한다. 끝으로 결론과 제언을 한다.

II. 계산사고의 개요

계산사고의 개념은 컴퓨터과학의 개념이 여러 전문 분야에서 점진적으로 활용됨에 따라 자연스럽게 형성되어 왔다. 다양한 전문분야의 필요성에 따라 자발적인 노력으로 계산사고의 활용을 추구하고 있다. 그러나 계산사고가 무엇인지에 대한 명확한 정의가 아직 형성되지 않고 있는 초기 단계이다. 이는 계산사고 활용의 다양성을 반영하는 것으로 보여지며 다양한 의견을 수렴하는 노력이 진행 중이다. 계산사고의 개념은 이전의 컴퓨터 활용 방식과는 근본적으로 다른 특징들을 보이고 있으므로 계산사고의 특징과 필요성, 중요성에 대한 지금까지의 논의를 정리해 보는 것이 필요하다고 본다.

1. Computational Thinking의 번역

최근의 연구에서 'Computational Thinking'에 대한 번역이 아직 통일되어 있지 않다. 어떤 저자는 영문 표기를 그대로 사용하는 경우도 있고[11], 또 다른 저자는 '계산적 사고'와 같이 다르게 번역한다[12].

그러나 현재 'computational'이란 용어는 이미 여러 분야에서 사용되어 오고 있다. 인터넷 한국어 위키 백과와 관련 전문 사이트의 번역에 의하면, 'computational'이라는 용어를 사용하는 전문 용어로 Computational Geometry(계산기하학), Computational Physics(계산물리학), Computational Linguistics(계산언어학), Computational Biology(계산생물학), Computational Biochemistry(계산생화학), Computational Chemistry(계산화학) 등과 같이 이미 광범위한 영역에서 'computational'을 '계산'으로 번역하여 통용하고 있다. 물론 그 의미도 '컴퓨터를 사용하는', '컴퓨터과학적인', '정보과학적인' 등과 같은 의미를 갖고 있다. 따라서 'Computational Thinking'의 번역도 '계산사고'로 번역하는 것이 무방하다고 볼 수 있다.

2. 계산사고의 정의

계산사고 분야는 많은 전문가들이 그 중요성을 인정하고 있지만 비교적 최근에 연구가 시작되어 학문적 체계를 갖추어 가고 있는 상황이다. 따라서 많은 부분에서

있어서 아직 연구가 진행 중에 있다. 그럼에도 불구하고 선도적 연구자들에 의해 개념의 윤곽이 형성되고 있다. 아직 학계의 통일된 수준은 아니지만 상당한 지지를 받고 있는 계산사고의 정의를 간추려본다[6][7].

계산사고의 정의에 대한 논의는 워싱턴 D.C.에서 2009년 2월과 2010년 2월에 열린 두 차례의 워크숍에서 공식적으로 논의되었다. 관련된 논의의 분야는 다음과 같다; ①계산 사고의 핵심적 개념에 대한 논의, ②계산 사고의 대상에 대한 논의, ③K-12의 계산사고 교육을 위한 논의, ④지적도구와 개념으로써의 논의[9].

연구자의 관심분야에 따라 계산사고의 정의는 약간씩 다른 측면을 보이지만 공통적인 의견을 요약할 수 있다[9].

- ① 컴퓨터 과학에 기초한 문제해결의 방법이다.
- ② 문제해결의 논리적 구체적, 계산형태의 명확한 기호적 표현 방법이다.
- ③ 문제해결의 효율적 실행을 위한 절차적 사고의 과정이며 인간의 지적 능력을 확장하는 추론의 과정이다.
- ④ 문제해결을 위해 하드웨어/소프트웨어를 인지적 도구로 사용한다.
- ⑤ 계산사고는 기술과 사고 과정의 한정된 집합이 아니라, 기술과 학습의 역동적 성격을 반영하는 개방적이고 성장하는 개념이다
- ⑥ 계산사고의 핵심적 개념은 명확한 절차의 반복적 응용, 탐색, 패턴 매칭, 반복적 정교화, 무작위 기법, 모델링, 시뮬레이션, 시각화 등이다.
- ⑦ 계산사고 교육의 대상은 공학자, 과학자를 중심으로 전 분야의 대학생, 대학원생, 그리고 K-12과정의 학생들이다.

3. 계산사고의 특성

계산사고의 본질을 이해하기 위하여 계산사고의 특성을 이해할 필요가 있는데, 계산사고의 내재적 성격과 컴퓨터과학에서 차지하는 위치, 그리고 타학문 및 다른 사고 유형과의 관계에 대해 논의할 수 있다. [7]에 의하면, 계산사고의 내재적 특성에는 언어로서의 계산사고, 추상화와 모형을 통한 표현력을 가진 계산사고, 자동

화에 의한 문제해결 능력을 가진 계산사고, 상호 작용의 강화를 위한 도구로 적합한 계산사고로 나누어 볼 수 있다. 계산사고의 컴퓨터과학과 기술에서의 위치와 관계는 우선 계산사고를 컴퓨터과학의 부분 집합으로 보는 시각과, 계산원리가 컴퓨터과학의 중심적 위치로 보는 시각이 있다. 타학문 및 다른 사고 유형과의 관계는 다음과 같다. 제랄드 수스만(Gerald Sussman, 2007)은 계산사고는 수학적 사고 보다 방법론의 추상화를 더 중시하고[13], 파울로 블리크스테인(Paulo Blikstein, 2004)은 계산사고가 수학적 사고 보다 더 쉽게 절차와 관계를 표현할 수 있다는 것을 강조하였다[14]. 지넷 윙(Jeanette Wing, 2006, 2010)은 계산사고는 과학과 공학보다 현실의 제약을 적게 받으며 복잡도의 통제가 가능하다는 특징에 주목했다[15][16].

4. 계산사고의 필요성과 중요성

정보기술 활용의 필요성으로부터 대두된 컴퓨터 문해 교육은 기술적 활용의 측면을 넘어 계산사고의 개념이라는 새로운 방향으로 발전하고 있다. 계산사고의 중요성은 계산사고의 보편성, 계산 사고의 명확성, 기술사회에서의 필요성, 국가경쟁력 향상의 도구, 다른 분야의 발전을 위한 도구, 개인의 기술적 역량을 향상하기 위한 도구의 영역에서 찾을 수 있다[6][7].

- ① 계산사고의 보편성; 계산사고는 컴퓨터과학의 개념 원리를 포함하고 있다. 오늘날 정보기술이 각 분야에서 중요한 역할을 담당하고 있음을 볼 때 그 원리가 되는 계산사고는 점차 그 중요성을 인정받고 있다.
- ② 계산사고의 명확성; 계산사고는 문제의 표현과 해결을 위한 알고리즘적 방법을 채용하여 추상화와 모델링에 명확성을 추구하고 있다.
- ③ 기술사회에서의 필요성; 계산사고는 현대 기술사회의 각 영역에서 정보기술의 절차와 방법을 위한 기술 언어(descriptive language)로 사용되고 있다. 이러한 기술 언어의 이해는 기술사회의 현상과 절차를 이해하는 기반이 된다.
- ④ 국가경쟁력 향상의 도구; 정보기술은 국가경쟁력의 중심적 위치에 있고 계산사고는 정보기술의 개

념적 토대를 제공하므로 계산사고는 국가경쟁력의 토대가 된다.

- ⑤ 다른 분야의 발전을 위한 도구; 계산 분야 뿐 아니라 비계산 분야에서도 계산 도구를 이용하여 해당 분야의 연구를 수행하고 있다. 계산 도구를 활용함으로써 과거에는 가능하지 않았던 연구 성과를 거두고 있다.
- ⑥ 개인의 기술적 역량을 향상하기 위한 도구; 정보기술은 개인의 개인생활 및 직업 영역에서 필요한 기능으로 인식되어 왔다. 이제 기능위주의 정보기술을 넘어 컴퓨터과학의 개념과 원리를 바탕으로 한 계산사고가 개인의 삶에 필요하게 되고 있다.

III. 계산사고의 학습 유형

일반적인 컴퓨터 문해와 정보기술에 대한 학습은 요즘 국내에서도 보편화되어 있다. 그러나 계산사고에 대한 학습은 이 분야의 선진국인 미국에서도 이제 시작 단계이다. 따라서 아직 계산사고의 개념조차 제대로 보급되지 아니한 국내에서 이러한 사례를 찾기는 어렵다. 미국의 경우, 계산사고 분야의 선도적 연구자들에 의해 계산사고의 학습 사례가 발표되기 시작한다. 미국의 선도적 연구자들을 중심으로 어떠한 사례들이 발표되고 있는지를 살펴봄으로써 우리나라에서의 적용의 방향을 제시하고자 한다. 계산사고 학습의 중심은 문제해결을 위한 추상화와 모델링이다. 물론 문제 및 데이터의 분석과 표현, 오류의 수정 등 다른 이슈들도 많이 다루어지고 있다. 학습 유형의 특징은 첫째, 컴퓨팅 도구를 사용하지 않는 학습과, 둘째, 컴퓨팅 도구를 활용하는 학습의 두 가지로 나누어 볼 수 있다.

1. 컴퓨팅 도구를 사용하지 않는 계산사고 학습

컴퓨터 프로그래밍에 의하지 않고도 계산사고의 개념을 습득할 수 있음을 주장하는 학자들이 있으며 다양한 사례를 보이고 있다. 그러한 근거는 계산사고의 중심에는 기술이나 기능과는 독립적인 개념들이 존재함을 볼 수 있다. 그 중 대표적인 개념들에는 추상화, 모

텔링, 반복적 정교화, 탐색의 원리, 데이터의 분석과 표현, 시뮬레이션 개념 등이 있다. 이러한 개념들은 컴퓨터를 도구로 사용하여 학습할 수도 있고[17][18] 컴퓨터 없이 다양한 방법으로 그 개념을 습득할 수 있다. 컴퓨터 없이 컴퓨터 과학의 개념 학습을 선도하는 대표적인 학자로 팀벨(Tim Bell, 2006)의 “컴퓨터 과학 언플러그드 프로젝트(the Computer Science Unplugged Project)”를 들 수 있다[19].

- ① 팀 벨(Tim Bell, 2006)의 “컴퓨터 과학 언플러그드 프로젝트(the Computer Science Unplugged Project)”의 예로 ‘사용자 인터페이스 학습’은 아동들을 대상으로 하여 컴퓨터 시스템과의 상호작용에 대한 이해를 돕기 위하여 간단한 기기를 활용하여 인터페이스의 개념을 배우는 과정이다[18].
- ② 조슈아 다니쉬(Joshua Danish, 2010)는 시뮬레이션을 이용한 참여모형 학습의 예를 소개하였다. 아동들은 협력적 프로젝트 학습을 통하여 활동 모형을 정교화하고, 오류 수정의 개념과 모델의 정교화를 학습한다[6].
- ③ 알란 콜린스(Allan Collins, 2011)의 ‘계산사고적 지식 표현 학습’은 과학적 데이터의 수집으로 부터 유용한 정보를 표현하는데, 계산사고적 기법을 활용하여 다양한 방법으로 지식을 표현한다[7].

2. 컴퓨팅 도구를 사용하는 계산사고 학습

계산사고 학습을 도와주는 컴퓨팅 도구에 대해 알아본다. 현재 다수의 도구가 나와 있지만 그 중 미국의 학교에서 대표적으로 사용되고 있는 도구들을 몇 가지 살펴본다[6][7].

- ① WISE(와이즈); 와이즈는 웹 기반 과학 탐구 환경을 제공한다. 짐 슬로타(Jim Slotta, 2010)는 와이즈를 과학 수업에 적용하였는데 문제의 해결, 다양한 증거에 근거한 과학적 토론, 모델 기반의 과학적 주장과 비평, 그리고 가상실험에서 계산사고적 기법을 활용하였다[6].
- ② Scratch(스크래치); 스크래치를 사용하면 문자 기반의 코딩을 하지 않고도 프로그램을 작성할 수 있다. 문법적 요소를 최소화하고 창의적 활동과

반복적 개선작업이 용이하고 사회적 협동을 이끌어 낼 수 있다[7].

- ③ Alice(앨리스); 질 데너(Jill Denner, 2011)는 앨리스를 이용하여 중학생들이 삼차원 만화 영화의 제작을 하는 과정에서 협력적으로 참여하며 독창적 작품을 제작하도록 지도하였는데, 그 과정에서 학생들은 반복, 조건, 병렬처리, 이벤트처리와 같은 계산사고의 개념을 배우게 되었다[7].
- ④ Globalroia(글로벌로리아); 이딧 카퍼톤(Idit Caperton, 2011)은 계산사고의 개념과 창의성을 기르는 프로젝트 기반 학습 환경으로 글로벌로리아를 선택하였다. 학생들은 글로벌로리아를 활용한 애니메이션 제작을 통하여 상호작용적 디지털 매체를 제작하는 활동을 하였다[7].
- ⑤ NetLogo(넷로고), 에이전트시트(AgentSheets); 계산사고를 도와 주는 모델링 도구인데, 모델링 도구에 대한 연구자로 코르드너, 에델슨, 토키 등이 있다[7].

IV. 초등교육에서의 계산사고 활용 방향

계산사고를 국내 초등교육에서 적용한 사례는 찾아보기 어렵다. 아직 준비 단계에 있다고 보여 지는데, 앞으로 구체적인 현장 적용 사례가 늘어 날 것으로 예측이 되므로 이 시점에서 초등학교에서 계산사고를 어떻게 적용하고 활용해야 할지를 논의하는 것이 바람직하겠다. 우선 계산사고를 초등학교에서 활용하는 이유가 무엇인지를 명백히 할 필요가 있다. 구체적인 목표는 교육의 방향을 결정하고 교육방법에 영향을 끼치며 평가의 중요한 요소가 되므로 신중한 논의가 필요하다. 이 분야에서 아직 합의된 학습목표는 없지만 지금까지의 논의를 종합하면 아주 정확하지는 않을지라도 유효한 학습목표의 제시가 가능하며, 비록 완벽하지는 않더라도 아예 존재하지 않는 것보다 계산사고의 도입을 용이하게 해 줄 것이다. 다음으로 고려해야하는 사항은 초등교육에서 가르쳐야 할 계산사고의 내용을 무엇으로 할 것인가에 대한 논의이다. 계산사고의 수많은 요

소들 중에 무슨 요소를 학습 요소로 선정할 것인지에 대한 논의가 필요하다. 다음으로 초등교육에서 계산사고를 어떻게 가르칠 것인가에 대한 논의가 필요하다.

1. 계산사고의 학습 목표

계산사고의 학습목표는 이후의 교육적 논의의 방향 설정에 많은 영향을 준다. 그러나 계산사고의 학습목표의 설정은 그리 간단한 문제가 아니다. 왜냐하면 이 분야의 선도적인 연구자들도 아직 합의된 목표를 도출하지 못하고 있기 때문이다. 그러나 학습목표 없이 교육적 논의를 계속 하는 것 보다 현재까지의 논의를 바탕으로 학습목표를 제시하는 것이 바람직하다고 본다. 계산사고의 학습목표에 대한 선도적 연구자들의 견해를 살펴보자[7].

- ① 알프레드 아호(Alfred Aho,2011)는 계산 분야는 발전 속도가 빠르기 때문에 현재의 내용 보다 미래의 변화에 대처할 수 있는 능력이 더 중요함을 지적했다.
- ② 월터 알란(Walter Alan,2011); 계산사고의 추상적 기능을 내면화함이 핵심적 목표라고 강조했다.
- ③ 유리 윌렌스키(Uri Wilensky,2011); 생물학, 물리학과 같은 컴퓨터과학과 다른 분야에서 계산사고의 개념을 활용하여 문제를 분석하고 현상에 대한 모델을 개발할 수 있어야 하고, 이를 바탕으로 자기표현과 협력을 학습하여 종합적으로 계산사고적 문해를 갖추어 세계를 이해하는 능력을 갖춘다.
- ④ 말시아 린(Marcia Linn,2011); 계산사고는 고도 정보 기술사회의 시민으로서의 자질에 필수적이다.
- ⑤ Janet 코로드너(Janet Kolodner,2011); 계산사고적 매체의 능숙함을 바탕으로 창조적 표현을 고안할 수 있는 능력을 기르고, 계산사고의 개념을 습득하여 필요한 영역에서 적용할 수 있는 능력을 기반으로 여러 다양한 영역에서 계산사고적 개념을 유연하게 사용할 수 있도록 배우는 고도의 인지기능을 기른다.
- ⑥ 미치 레스닉(Mitch Resnick,2011); 계산매체를 사용하여 문제해결 방법을 창의적으로 고안하며, 계산사고적 개념으로 자신의 아이디어를 표현하고

설계 역량과 사회적 협동심을 기른다.

학습목표에 대한 위의 견해를 아래와 같이 다섯 가지의 항목으로 간추릴 수 있다.

- 추상적 기능의 내면화
- 자기 표현력과 세계에 대한 계산사고적 이해력
- 다양한 분야에서 계산사고적 개념의 활용력
- 변화에 대한 적응력
- 사회적 협동심 함양

2. 계산사고의 학습 내용

계산사고 학습에서 무엇을 가르칠 것인가에 대해 논의한다. 컴퓨터의 기능과 활용 위주의 교육은 과거 ICT 교육에서 주로 다루어왔다. 그러나 계산사고 교육에서는 기존의 기능, 활용 위주의 교육에서 탈피하여 컴퓨터의 개념, 원리 중심의 교육을 지향하고 계산사고의 추상적 기능을 내면화함으로써 미래의 고도 기술 정보 사회에 대한 적응력을 기른다. 이 분야의 선도적 연구자들은 계산사고의 학습내용을 다음과 같이 제시하고 있다[17][18]. 이러한 개념은 컴퓨터과학에만 국한된 것이 아니고 그 원리가 일반화되어 다양한 분야에서 문제의 표현 및 해결에 핵심적 역할을 하고 있다.

- ① 데이터의 생성과 표현; 사물과 그 사이의 상호작용을 나타내는 데이터가 존재함과 그것을 표현하는 방법을 학습한다. 여러 다양한 분야에서 데이터의 생성과 표현의 개념을 연습한다.
- ② 데이터로부터 정보의 수집과 표현; 데이터의 체계화, 조직화, 다량의 데이터로부터 의미 있는 정보를 도출하는 방법에 대한 학습이다.
- ③ 반복 실행과 호출; 이 개념은 컴퓨터 알고리즘에 의한 문제의 표현과 해결에서 거의 빠지지 않고 등장하는 개념이다. 반복을 통하여 문제가 어떻게 표현되고 해결되는지를 이해함으로써 절차적 표현과 해결 방법을 학습한다.
- ④ 문제의 분할; 컴퓨터 알고리즘의 핵심적 개념으로 복잡한 문제를 계산 가능한 (또는 처리 가능한) 작은 문제들로 나누고 그 각각을 해결하는 문제 해결의 기법이다.
- ⑤ 시뮬레이션; 시뮬레이션은 실험을 통하여 사물을

이해한다. 가상의 세계를 만들고 그 세계를 통하여 어떤 이론을 실험하고 관찰한다. 시뮬레이션 도구를 사용하는 방법을 배우고, 여러 분야에서 실험을 통하여 학습한다.

- ⑥ 모델링; 모델은 복잡한 현상/시스템의 표현, 변수의 조작으로 그 현상/시스템에 대한 깊은 이해를 돕는다. 모델의 체험을 통하여 모델의 적용 범위, 장점과 단점 등을 학습한다.

이러한 개념에 대해 학년 단위로 무슨 내용을 어떻게 가르칠 것인가에 대한 후속연구가 이루어져야 한다.

3. 계산사고의 활용 방향을 위한 교사 설문 조사

초등교육에서 계산사고의 활용에 대한 방향을 모색하기 위하여 2013년 5월8일에서 19일에 걸쳐 대구, 경북 지역의 컴퓨터 교육 경험이 있는 초등교사 33명을 대상으로 계산사고의 활용에 대한 의견을 조사하였다. 조사 결과를 간추리면 다음과 같다.

- ① 초등교육에서 계산사고 도입의 필요성에 대하여 30명(90.9%)의 교사가 '그렇다'고 답하였으며, 3명이 '아니다'고 답하였다.
- ② 교과목에서 계산사고를 활용하기 위한 방법에 대하여 17명(51.5%)이 컴퓨터 수업 안에서 다루기를 원하였고, 16명(48.4%)이 계산사고를 기존의 일반 교과목의 보조 도구로써 통합형으로 운영하기를 희망하였다.
- ③ 계산사고가 수학 교과 학습에서 가장 큰 도움을 줄 수 있는 부분은 21명(63.6%)이 '문제해결을 위한 알고리즘적 분석과 표현'이라고 답하였으며, 그 다음으로 8명(24.2%)이 '검색, 탐색의 원리', 나머지가 각 2명씩 '문제의 표현과 해결을 위한 모델링', '데이터의 분석과 표현'이라고 답하였다. 그리고 '문제/현상의 시뮬레이션'은 0명이었다.
- ④ 계산사고가 과학 교과 학습에서 가장 큰 도움을 줄 수 있는 부분은 13명(39.3%)이 '문제/현상의 시뮬레이션', 10명(30.3%)이 '데이터의 분석과 표현'이라고 답하였다. '문제해결을 위한 알고리즘적 분석과 표현'은 5명(15.1%), '검색, 탐색의 원리'와 '문제의 표현과 해결을 위한 모델링'은 각각 3

명과 2명이 답하였다. 이는 수학의 경우와 상반되는 결과를 보여준다.

- ⑤ 계산사고의 원리가 가장 잘 활용될 만한 교과목은 25명(75.7%)이 수학을, 6명(18.1%)이 과학을 나머지 2명이 컴퓨터 교과를 선택하였다.
- ⑥ 계산사고의 개념을 초등교육에 활용하기 위하여 필요한 사전 준비 조사에서 '컴퓨터 알고리즘/프로그래밍 교육, 컴퓨터 과학의 개념/원리 교육'(12명, 36.3%) 보다 '수업에 활용할 수 있는 계산사고 도구의 개발'과 '계산사고 적용의 사례 개발'에 더 많은 (19명, 57.5%) 선택을 보여 주었다.

V. 결론

최근 미국에서 시작한 컴퓨터교육의 새로운 방향인 계산사고(Computational Thinking)는 국내에서도 많은 관심을 모으고 있다. 컴퓨터 과학적 개념, 원리가 다른 여러 전문 영역에서 문제해결의 핵심적 도구로 되어감에 따라 '계산사고'라는 개념이 등장하게 되었고, 정규 교육에서 수용하여야 할 필요성이 구체적으로 부각되고 있다. 컴퓨터 교육의 새로운 개념인 계산사고는 이론적 토대를 다지고 있고 많은 부분에서 전문가의 합의를 형성하고 있다. 'Computational Thinking'이라는 용어의 번역은 '계산사고'가 적합함을 제안하였고, 계산사고의 정의를 정리하였으며, 계산사고의 특성과 필요성 및 중요성을 살펴보았다. 계산사고의 학습유형으로 컴퓨팅 도구를 사용하지 않는 학습과 컴퓨팅 도구를 사용하는 학습으로 나눌 수 있고 그 특징을 알아보았다.

초등교육에서 계산사고를 도입하기 위한 첫 단계로 계산사고의 학습목표를 제시하였다. 선도적 연구자들의 의견을 종합한 결과, 다음과 같은 다섯 가지의 항목을 제시하였다: 추상적 기능의 내면화, 자기 표현력과 세계에 대한 계산사고적 이해력, 다양한 분야에서 계산사고적 개념의 활용력, 변화에 대한 적응력, 사회적 협동심 함양.

그리고 이 분야의 연구자들의 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 여섯 가지의 학습 내용을 선정할 수 있었

다: 데이터의 생성과 표현, 데이터로부터 정보의 수집과 표현, 반복 실행과 호출, 문제의 분할, 시뮬레이션, 모델링.

초등교육에서 계산사고의 활용에 대한 방향을 모색하기 위하여 초등교사 33명을 대상으로 계산사고의 활용에 대한 의견의 조사에서, 거의 모든 교사가 계산사고의 도입이 필요하다고 응답하였고, 계산사고 교육을 컴퓨터 수업 안에서 다루기를 희망하는 경우와 일반 교과와의 통합을 원하는 경우가 거의 반반씩 차지하였으며, 과반수의 교사가 계산사고의 '문제해결을 위한 알고리즘적 분석과 표현' 부분이 수학 교과에서 가장 큰 도움을 줄 수 있다고 응답하였고, 과학 교과에서는 '문제/현상의 시뮬레이션'과 '데이터의 분석과 표현'을 가장 중시하였다. 계산사고의 원리가 가장 잘 활용될 만한 교과목으로 수학 교과를 선택하였다. 계산사고의 도입을 위한 사전 준비로 과반수의 교사가 '수업에 활용할 수 있는 계산사고 도구의 개발'과 '계산사고 적용의 사례 개발'이 가장 필요하다고 응답하였다.

후속 연구로써 초등학교에서 계산사고의 학습을 위한 구체적인 방안이 마련되어야 할 것이고 특히, 현장에서 적용 가능한 계산사고 도구의 개발과 계산사고의 적용 사례를 탐구해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 교육과학기술부, *초중등학교 정보통신기술 교육 운영 지침*, 2005.
- [2] 강오한, 박정미, "공업계 고등학교 '정보 기술 기초' 교과서의 분석", 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제3호, pp.485-494, 2013.
- [3] 교육과학기술부, *교육정보화백서*, 한국교육학술정보원, 2012.
- [4] 교육부, *제7차 초중등학교 교육과정 총론*, 1999.
- [5] National Research Council, *Being Fluent with Information Technology*, Washington, D.C., National Academy Press, 1999.
- [6] National Research Council of the National Academies, USA, *Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking*, 2010.
- [7] National Research Council of the National Academies, USA(2011), *Report of a Workshop of Pedagogical Aspects of Computational Thinking*, 2011.
- [8] 오준호, "뉴미디어 예술 작품에 적용된 알고리즘의 미학적 함의 : 라이브 코딩을 중심으로", 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제3호, pp.119-130, 2013.
- [9] 문교식, "학교교육을 위한 계산사고의 도입 방향", 한국정보교육학회 학술논문집, 제3권, 제2호, pp.181-187, 2012.
- [10] 최형신, "Computational Thinking 교육 및 평가 접근에 대한 고찰", 한국정보교육학회 학술논문집, 제4권, 제1호, pp.283-288, 2013.
- [11] 한병래, "정보교육과 계산적사고", 정보교육학회 학술논문집, 제3권, 제1호, pp.57-62, 2011.
- [12] 한병래, "컴퓨터 과학의 발전과 Computational Thinking의 용어에 대한 고찰", 한국정보교육학회 학술논문집 제4권, 제1호, pp.159-164, 2013.
- [13] Blikstein, Paulo, and Uri Wilensky, "Bifocal Modeling: A Framework for Combining Computer Modeling, Robotics and Real-World Sensing," American Educational Research Association (AERA 2007), Chicago, pp.9-13, 2007(4).
- [14] National Research Council of the National Academies, USA, *The Legacy of Computer Science*, pp.181-183 in *Computer Science: Reflections on the Field, Reflections from the Field*. Washington, D.C., The National Academies Press. 2004.
- [15] W. Jeannette, "Computational Thinking," *Communications of the ACM*, Vol.49, No.3, pp.33-35, 2006.
- [16] W. Jeannette, "Computational Thinking What

and Why," Phil. Trans. R. Soc. A, Vol.366, pp.3717-3725, 2010.

[17] R. Mitchel, J. Maloney, A. M. Hernandez, Natalie Rusk, E. Eastmond, K. Brennan, A. Millner, E. Rosenbaum, J. Silver, B. Silvernam, and Y. Kafai, "Scratch: Programming for All," Communications of the ACM, Vol.52, No.11, pp.60-67, 2009.

[18] W. Uri, "Modeling Nature's Emergent Patterns with NetLogo," Proceedings of the Eurologo 2001 Conference.

[19] Bell, Tim, Ian H. Witten, and M. Fellows, Computer Science Unplugged: An Enrichment and Extension Programme for Primary-Aged Children, Canterbury, New Zealand, 2006.

저자 소개

문 교 식(Gyo Sik Moon)

정회원



- 1982년 : 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 1982년 ~ 1986년 : KAIST 시스템공학연구소 연구원
- 1989년 : University of Oklahoma 대학원 전산학 이학석사
- 1995년 : University of North Texas 대학원 전산학 이학박사
- 1997년 ~ 현재 : 대구교육대학교 컴퓨터교육과 교수
<관심분야> : 컴퓨터교육, 알고리즘, 데이터베이스