

그래프 컬러링 문제를 활용한 초등학생을 위한 알고리즘 학습

On Algorithm Learning Using Graph Coloring Problem for Elementary Students

박윤정, 문교식

대구교육대학교 교육대학원 컴퓨터교육전공

Yoon-Jeong Park(worldclass2@edunavi.kr), Gyo Sik Moon(gmoon@dnue.ac.kr)

요약

본 연구는 알고리즘 학습을 초등학생에게 적용하여 알고리즘적 사고에 긍정적 효과가 있음을 보여준다. 알고리즘 학습에 대한 사전 경험이 없는 초등학교 6학년 35명을 대상으로 4주간 총 11회의 그래프 컬러링 문제를 활용한 알고리즘 학습을 실시하였다. 알고리즘 수업 후 학습자들의 알고리즘 흥미도와 절차적 사고 능력의 변화를 검사하였다. 이와 같은 자료 분석을 통해 얻어진 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 알고리즘 흥미도의 하위요인인 알고리즘 학습 태도는 학습자에게 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 둘째, 그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습은 학습자의 절차적 사고 능력을 향상시키는 것으로 나타났다. 따라서 알고리즘 학습은 초등학생의 절차적 사고 발달에 도움이 되며, 알고리즘 흥미도를 높이는 효과를 보여줌으로써 초등 교육 현장에서 알고리즘의 새로운 교육 방법을 제시하는데 의미가 있다.

■ 중심어 : | 알고리즘 학습 | 절차적 사고 | 그래프 컬러링 |

Abstract

The paper shows that algorithm education positively affects algorithmic thinking for elementary students. Experiments are conducted on thirty five sixth graders without prior experience of algorithm. The experimental group is given eleven sessions of lesson for four weeks in which algorithmic solution is sought for graph coloring problems. After four weeks of experiments questionnaires are distributed to the students in order to measure differences in algorithmic interest and algorithmic thinking ability. The following results are obtained: Firstly, it may be observed that algorithm education with graph coloring may be effective in reinforcing students' interest in algorithms. Secondly, the experiment shows that algorithmic thinking ability may be enhanced from participating in graph coloring activities. In conclusion, algorithm education with graph coloring problem helps students develop algorithmic thinking ability as well as cultivate students' interest in algorithmic thinking.

■ keywords : | Algorithm Learning | Graph Coloring Problem |

I. 서론

최근 미국과 영국을 비롯한 정보강국에서 소프트웨

어 교육의 중요성이 그 어느 때보다 강조되고 있다. 미국은 미래 사회를 대비하기 위해 소프트웨어 활용 위주의 교육과정을 탈피하여 컴퓨터의 개념과 원리를 기초

접수일자 : 2014년 07월 04일

수정일자 : 2014년 09월 23일

심사완료일 : 2014년 09월 29일

교신저자 : 문교식, e-mail : gmoon@dnue.ac.kr

로 하는 내용의 비중을 높였다. 영국은 G20 국가 중 최초로 컴퓨터과학을 영어, 수학, 과학, 스포츠와 더불어 5개 필수 과목으로 지정하고 코딩, 논리적 사고, 알고리즘에 대한 이해 등을 가르치기 위해 2014년 9월부터 초등학교부터 고등학교에까지 이어지는 12년 교육과정에 정규 과목으로 포함시킨다[1][2].

지금까지 우리나라의 컴퓨터 교육과정에 대해 수행된 많은 연구에도 컴퓨터 교과 교육 내용이 소프트웨어 활용 중심에 그치는 것에 대한 문제점을 지적해 왔으며, 강신천(2005)은 “컴퓨터 과학 교육은 컴퓨터의 알고리즘적인 프로세스를 배우는 학문으로 이들의 원리와 하드웨어, 소프트웨어 설계, 이들의 응용 및 이들이 미치는 사회적인 영향 등을 연구하는 학문 분야라고 할 수 있다.”라고 알고리즘 분야가 컴퓨터 과학 교육의 핵심임을 주장하였으며 다른 많은 교육전문가들도 알고리즘 교육의 중요성을 인식하고 있다[3].

이에 2007년 개정 ‘정보’ 교육과정에서는 제7차 교육과정의 응용 소프트웨어 활용과 같은 컴퓨터의 도구적 활용 중심의 교육 목표와 내용에서 벗어나, 컴퓨터 과학의 기본 개념을 도입하고 원리에 기반 한 창의적 문제해결력 및 논리적 사고력 신장에 중점을 두었으나 2009년 개정되어 2011년부터 적용된 교육과정은 개정 방향 및 성격에 맞게 보완되지 않고 학교 급별 창의적 재량활동의 자율화로 인한 결과로 정보교육의 축소를 가져왔다. 이와 같이 현재의 컴퓨터 교육에서는 세계적인 추세와 함께 그 필요성을 인지하고 있으나 알고리즘 원리 학습이 충분히 이루어지지 않고 있으며 구체적으로 무엇을 어떻게 지도해야 하는지에 대한 논의가 부족하다[4][5].

따라서 본 연구는 컴퓨터과학의 제 분야 중 알고리즘 영역에 대해 그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습 과정을 개발하고, 이것이 학생의 알고리즘에 대한 흥미도와 컴퓨터과학의 주요 사고 중 절차적 사고에 미치는 영향에 대하여 연구하며, 효과적인 알고리즘 교육 방법을 모색하고자 한다.

초등학생을 위한 알고리즘 학습의 내용으로 그래프 컬러링 문제를 선정한 이유는 다음과 같다.

첫째, 많은 알고리즘 문제가 초등학생이 이해하기 어

려운 수리논리적 표현을 필요로 하므로 초등학생들에게 적합하지 않다. 그러나 그래프 컬러링 문제는 초등학생이 충분히 이해할 수 있을 만큼 문제의 표현과 이해가 쉽다.

둘째, 그래프 컬러링 문제는 지도를 활용할 수 있고 지도를 그래프로 표현함으로써 실제감과 재미를 줄 수 있다.

셋째, 그래프 컬러링 문제는 다양한 유형과 난이도를 갖는 문제를 쉽게 출제할 수 있다.

넷째, 그래프 컬러링 문제는 쉽게 해법을 제시할 수 있다. 또한 다양한 해법의 고안이 가능하므로 해법들 간의 비교를 통하여 해법을 점진적으로 정교화할 수 있다. 이를 통하여 아동들은 생각하는 방법을 배우게 된다.

본 연구는 그래프 컬러링을 통한 알고리즘 학습이 학생의 알고리즘에 대한 흥미도와 절차적 사고 발달에 미치는 영향에 대해 분석하는 것을 목적으로 한다. 수행할 연구의 내용과 방법은 다음과 같다.

첫째, 알고리즘의 교육의 중요성, 알고리즘 및 절차적 사고의 개념, 그래프 컬러링 문제에 대한 선행연구를 살펴보고 이론적 근거를 구축한다.

둘째, 알고리즘 학습의 전개 과정을 고찰하여 현재 교육 환경에 적합한 그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습 과정을 설계·개발한다.

셋째, 그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습 과정에 적합한 학습 환경을 구축하고, 개발한 교육 과정을 적용하여 학생의 변화된 행동을 관찰, 기록한다.

넷째, 알고리즘에 대한 흥미도와 절차적 사고 발달 정도를 검증한 결과를 분석하여 연구 결론을 도출한다.

그래프 컬러링을 통한 개념적 알고리즘 학습을 교육 현장에 활용할 때 기대할 수 있는 효과는 다음과 같다.

첫째, 학습자는 알고리즘이 어렵고 추상적인 것이라는 인식에서 벗어나, 알고리즘에 대한 흥미를 가질 것이다.

둘째, 동료와의 아이디어를 주고받는 상호작용 과정에서 학습자의 인지구조 중 절차적 사고 능력이 향상될 것이다.

셋째, 특정 프로그램의 기능에 대해 학습하는 시간이

줄어들고, 컴퓨터의 사용 없이 편리한 시간에 기존 교실 수업과 동일한 환경에서 학습에 참여할 수 있으므로 학습자의 수업 참여도를 극대화할 수 있다. 이러한 참여는 교사와 학생, 학생과 학생 간의 활발한 상호작용을 유도할 수 것이다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 최근 중시되는 컴퓨터 원리교육 중 그래프 컬러링을 활용한 개념적 알고리즘에 초점을 맞추어 구체적인 내용과 방법을 제시하는데 중점을 두고 있다.

둘째, 본 연구는 연구 대상을 ○○광역시에 위치한 J 초등학교 6학년 2개 학급 35명으로 한정하였으므로, 연구의 결과를 생활환경과 교육 여건이 다른 타 지역의 학생들에게 일반화시키는데 제한점이 있다.

셋째, 본 연구는 초등학교의 교육과정상 4주라는 단기간에 걸쳐 실시되었으므로 실시 효과가 지속될 수 있는지에 대해서는 알 수 없다.

II. 관련 연구

1. 그래프 색칠 문제

그래프는 자료 요소에 해당하는 정점(node)과 정점 간의 관계를 표시하는 간선(edge)으로 구성된 도형이다.

그래프 컬러링 문제(Graph Coloring Problem)는 그래프의 모든 정점들에 색을 부여하는 문제로서 이 때 ‘꼭짓점 색칠하기’의 경우 그래프의 모든 꼭짓점에 색을 부여하되, 변으로 연결된 두 꼭짓점은 다른 색으로 칠했을 때 “유효한 컬러링”이라 한다. [그림 1]과 [그림 2]는 각각 세 가지 색으로 꼭짓점을 칠했으나 [그림 1]과 달리 [그림 2]의 경우 인접한 꼭짓점을 같은 색으로 칠하였기 때문에 유효한 컬러링이라 할 수 없다. (그림에서 노드의 색을 구분하기 위하여 노드의 모양을 다르게 표현하였다)

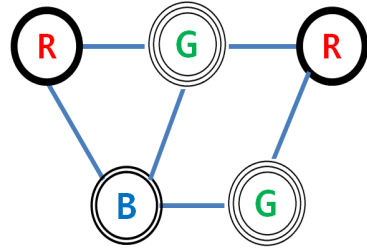


그림 1. 유효한 그래프 컬러링

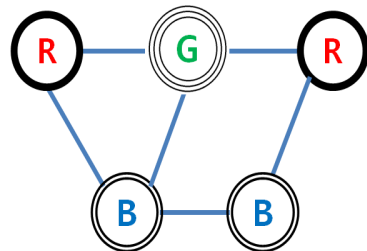


그림 2. 유효하지 않은 그래프 컬러링

유효한 컬러링 중 최소한의 채색수(chromatic number)를 계산하는 그래프 컬러링 문제는 컴퓨터공학, 이산수학, 디자인 등 여러 분야에서 매우 널리 알려진 문제이며, 특정 그래프가 k개의 색으로 색칠될 수 있는가를 결정하는 NP-complete 문제 중 하나이다[6].

2. 절차적 사고

급변하는 지식정보화사회의 흐름에 맞추어 컴퓨터 교육도 응용 소프트웨어 활용과 같은 컴퓨터의 도구적 활용 중심의 교육 목표와 내용에서 벗어나, 원리에 기반한 창의적 문제해결력 및 논리적 사고력 신장을 위해 컴퓨터 과학의 기본 개념을 도입할 필요가 있다[7]. 이에 따라 Wing(2006)은 21세기를 살아가는 현대인에게 기본적으로 필요한 기술로 계산사고(Computational Thinking)의 개념을 주장하고 하위 사고양식으로 알고리즘적 사고, 재귀적 사고, 비판적 사고를 제시하였으며 [8] 이은경(2009)은 계산사고의 구성요소로 절차적 사고를 포함하였다[9].

박지연(2012)은 주어진 일의 순서를 생각하여 순차적으로 문제를 해결할 수 있는 능력인 절차적 사고를

포함하여 계산사고의 10가지 특징을 정리하였고[10] 데이비드 모어순드(David Moursund)와 제랄드 수스만(Gerald Sussman) 역시 계산사고의 핵심 내용으로 절차적 사고를 강조하고 “계산사고가 문제를 분석하고, 효율적 해결을 위한 순서를 기술하는 절차”임을 주장하였다[12].

어떠한 문제를 해결하기 위한 논리적인 문제 해결 절차를 알고리즘이라고 할 때, 문교식(2013)은 컴퓨터과학의 근본이라 할 수 있는 알고리즘과 계산사고의 핵심 개념이 대부분 중첩됨을 주장하며 계산사고 학습을 위한 알고리즘 학습 내용으로 절차적 사고를 제시하였다[11].

이처럼 어떤 문제를 해결하기 위한 필요한 행동들을 일련의 절차에 따라 나열하는 절차적 사고는 많은 학자들의 공통된 의견으로 보아 계산사고와 알고리즘의 핵심적인 요소라고 할 수 있다.

3. 알고리즘 교육과 관련 연구

알고리즘이 논리에 기반 한 문제해결의 개념적 설계

로 프로그래밍 단계에 선행하는 만큼 컴퓨터과학의 기본 교과이며 다수의 연구자들이 알고리즘 교육의 중요성을 강조하였다[12-20]. 그 중 초등교육과 관련된 알고리즘 교육의 연구를 살펴보면, 백선련(2008)은 놀이 중심의 알고리즘 교재를 개발하고 현장에 적용하여 문제해결력에 미치는 영향을 확인함으로써 초등학생을 대상으로 하는 알고리즘 교육의 가능성을 보여주었다[14]. 이주화(2012)는 알고리즘적 사고를 통한 문제해결력 신장과 프로그래밍 언어 이해를 위해 실생활 활용 빈도가 높은 정렬 알고리즘을 선택하여 초등 영재교육 프로그램으로 개발하였다[16]. 안형진(2011)은 EPL 언어인 교육용 언어로서 스크래치 프로그램을 활용하여 초등학교 수준의 총 5단원 교육과정의 초급용 교재를 개발하였다[17]. 박지은(2013)은 알고리즘의 여러 표현 방법 중 순서도 교육에 대한 교수-학습 방법을 설계해 초등학생의 교과학습에 미치는 효과성을 확인하였다[18]. 배영권,문교식(2008)은 언플러그드 방식의 컴퓨터 학습 자료를 개발하여 간단한 사칙연산의 과정을 통하

표 1. 실험집단과 비교집단의 구성

집단구분	남	여	계
실험집단	7명(41.2%)	10명(58.8%)	17명
비교집단	7명(38.9%)	11명(61.1%)	18명
계	14명	21명	35명

표 2. 실험집단의 차시별 학습내용

차시	학습 내용
1	알고리즘 개념(백트래킹) 도입 단계 · 개념의 단순 적용을 위한 그래프 컬러링 예제 풀기
2	<1단계> 알고리즘 개념의 연마 단계 · 알고리즘 고안 및 그래프 컬러링(노드 5개의 간선 4개(하), 간선 6개(중), 간선 8개(상)로 구성)
3	<1단계> 알고리즘 개념의 발전 단계 · 전 차시 알고리즘에 대한 서로의 아이디어 교환하기
4	<1단계> 알고리즘 개념의 확산 단계 · 더 좋은 아이디어를 활용한 그래프 컬러링(노드 5개의 간선 4개(하), 간선 6개(중), 간선 8개(상)로 구성)
5	<2단계> 알고리즘 개념의 연마 단계 · 알고리즘 고안 및 그래프 컬러링(노드 7개의 간선 7개(하), 간선 11개(중), 간선 15개(상)로 구성)
6	<2단계> 알고리즘 개념의 발전 단계 · 전 차시 알고리즘에 대한 서로의 아이디어 교환하기
7	<2단계> 알고리즘 개념의 확산 단계 · 더 좋은 아이디어를 활용한 그래프 컬러링(노드 7개의 간선 7개(하), 간선 11개(중), 간선 15개(상)로 구성)
8	<3단계> 알고리즘 개념의 연마 단계 · 알고리즘 고안 및 그래프 컬러링(노드 10개의 간선 4개(하), 간선 23개(중), 간선 32개(상)로 구성)
9	<3단계> 알고리즘 개념의 발전 단계 · 전 차시 알고리즘에 대한 서로의 아이디어 교환하기
10	<3단계> 알고리즘 개념의 확산 단계 · 더 좋은 아이디어를 활용한 그래프 컬러링(노드 10개의 간선 14개(하), 간선 23개(중), 간선 32개(상)로 구성)
11	개념의 응용 확산을 위한 실생활 문제 해결 · 최소한의 색을 사용하여 ○○광역시의 인접한 구·군 구별하여 지도 색칠하기

여 초등학생 수준에서 자료구조와 알고리즘에 대한 기본적인 이해 및 흥미 유발 효과를 확인하였다[19]. 문교식(2007)은 알고리즘의 개념적 유형에 따른 기본 개념을 이해하고 실제의 문제에서 유형을 식별하고 유형에 따라 알고리즘을 구사할 수 있도록 초등 정보영재 수업에서 활용 가능한 문제를 선정하였다[20]. 본 논문은 초등학생이 자칫 어렵게 느끼고 싫증내기 쉬운 알고리즘에 대하여 흥미를 고취하고 절차적 사고의 발달에 도움을 주기 위하여 알고리즘의 전통적인 문제 중 하나인 그래프 컬러링 문제에 언플러그드 방식으로 알고리즘 개념을 적용한 다음, 그 결과를 분석함으로써 초등교육에서 알고리즘의 효과적인 교육 방법을 제시하고자 한다.

III. 그래프 컬러링 문제의 알고리즘 학습

1. 실험집단과 비교집단

본 연구는 ○○광역시에 소재하는 J초등학교 6학년 2개 학급 학생 총 35명(남 14명, 여 21명)을 대상으로 실시하였다. 실험집단과 비교집단의 연구 대상 구성은 [표 1]과 같다. 그래프 색칠 문제를 활용한 개념적 알고리즘 교수학습활동이 학생의 알고리즘 흥미도와 절차적 사고 발달에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 실험집단에는 연구자가 개발한 그래프 색칠 문제 활동지를 활용하여 알고리즘 수업을 진행하였고 [표 2], 현행 초등교육과정에 알고리즘 교육이 편성되어 있지 않으므로 비교반은 실험기간 중 국가수준 교육과정을 준수한 일반적인 수업을 실시하였다.

2. 수업 목표

컴퓨터 과학 및 알고리즘 원리 교육에 대한 세계적인 추세에 따라 개정된 2007년 ‘정보’ 교육과정은 응용 소프트웨어 활용과 같은 도구적 활용 중심의 교육에서 벗어나, 컴퓨터 과학의 기본 개념을 도입하고 원리에 기반 한 창의적 문제해결력 및 논리적 사고력 신장에 중점을 두었다. 본 연구에서는 학습자로 하여금 특정 알고리즘의 방법과 성능을 학습시키기 보다는 그래프를 색칠하는 과정에서 알고리즘의 개념과 필요성을 아

들 스스로 느끼게 한다. 즉, 초등교육 현장의 실정에 맞는 컴퓨터 과학의 알고리즘 교육 방법으로 그래프 색칠 문제를 활용한 알고리즘 학습을 제안하고, 학습자들의 알고리즘 흥미도와 컴퓨터 과학의 하위 사고 중 절차적 사고를 향상시키는 것이 수업의 궁극적인 목표이다.

3. 수업 내용과 활동

그래프는 정점(node)의 수, 간선(edge)의 수, 형태(topology)로 난이도를 정할 수 있다. 본 연구에서는 연구 대상이 초등학생임을 감안하여 초등학교 6학년 수준에 맞게 정점과 간선의 수를 3단계(노드의 수가 n 일 때, 가능한 최대 간선의 수 $\frac{n(n-1)}{2}$ 을 기준으로 상(70~100%), 중(41~69%), 하(0~40%)로 조절하였다.

1차시에서 알고리즘 개념의 기초적 이해를 위해 개념의 단순 적용으로 해결할 수 있는 수준의 그래프 색칠 문제 예제를 통해 새로운 알고리즘 개념을 내면화하도록 한다. 2차시부터 10차시까지 각 단계는 개인 활동, 모둠 활동, 도전 활동으로 3차시씩 구성되며 알고리즘의 개념 원리를 이해하고 문제 해결 과정을 통해 절차적 사고를 배양하도록 하였다. 마지막 11차시는 응용 확산을 위하여 실생활과 연결된 지도 색칠하기 문제로 알고리즘의 효율성을 느낄 수 있도록 수업 내용을 선정하였다.

총 11차시의 알고리즘 학습 활동은 정규 교육과정 운영 중 창의적 체험활동의 ‘정보통신활용교육’ 시간과 컴퓨터실을 활용하지 않는 언플러그드(unplugged) 프로젝트의 특성을 이용하여 수업 시간을 배정하였다 [표 2]. 활동 초기에는 학생들의 참여를 이끌어 내기 위해 알고리즘에 대한 느낌을 자유롭게 이야기하는 토의 시간을 가졌으며, 부정적인 인식의 수정을 위해 개념의 단순 적용만으로도 풀리는 쉬운 예제를 제시하였다. 본격적인 활동은 개념의 내면화 및 사고의 발달을 위해 그래프 색칠 문제의 난이도를 3단계로 정하였고, 각 단계는 개인, 모둠, 도전 활동으로 이루어졌다. 개인 활동에서 고안한 학습자의 알고리즘 아이디어는 자신이 편하게 느끼는 방식으로 서술하도록 하고, 모둠 활동에서 서로의 아이디어를 비교하여 더 효율적인 알고리즘을

표 3. 알고리즘 흥미도 검사지 내용 구성

하위요인	내용	문항수
학습만족감	자신의 능력에 대한 개인의 확신	4
학습태도	문제 해결을 위한 개인의 태도	3
학습필요성	컴퓨터 교과에서의 알고리즘 학습의 필요성	2

표 4. 절차적 사고 발달 검사지 내용 구성

관련 단원	내용	문항수
6학년 1학기 1단원. 빛	바늘구멍 사진기 제작 과정 공기와 물이 만나는 면에서 빛의 굴절 현상 관찰 실험 과정 어둠상자 안의 물체가 눈에 보이는 과정	3
6학년 1학기 2단원. 산과 염기	자주색 양배추 지시약 제작 과정	1
6학년 1학기 3단원. 계절의 변화	태양의 고도 측정 과정	1
6학년 1학기 5단원. 자기장	전자석 제작 과정	1
6학년 2학기 1단원. 날씨의 변화	일기 예보 과정 습도 측정 실험 과정	2
6학년 2학기 2단원. 여러 가지 기체	이산화탄소 발생 장치 실험 과정	1
6학년 2학기 4단원. 연소와 소화	순서에 맞는 소화기 사용 방법	1

찾도록 하였다. 이는 도전 활동에서 발전한 알고리즘 아이디어를 갖고 활동에 임하도록 하기 위함이다. 활동의 마무리 단계에서는 지금까지 학습한 알고리즘을 실생활 문제에 응용하였다.

알고리즘 학습 활동 과정에서 교사는 개인과 모둠의 참여 태도를 관찰하고 필요시 최소한의 도움을 제공하며 활동이 활발한 학생을 칭찬하거나 활동이 부족한 학생들을 격려하여 끈기 있게 문제 해결에 임하도록 하였다.

IV. 결과 및 분석

본 연구의 실험처치 후 두 집단에 사전 검사지와 동일한 검사지 및 방법을 이용하여 사후검사를 실시하였다.

4주 동안 총 11회의 실험을 실시한 후 사후검사와 사전검사와 마찬가지로 두 집단에 같은 날 실시하였다.

그래프 문제를 활용한 알고리즘 학습을 실시한 실험 집단과 국가수준의 일반적인 수업을 실시한 비교집단의 알고리즘 흥미도와 절차적 사고 발달의 차이를 알아보기 위해 집단별, 검사 시기별로 t-검증을 실시하였다.

위의 통계적 분석방법을 이용하여 모든 자료의 유의수준은 .05로 설정하였다.

1. 알고리즘 흥미도와 절차적 사고 발달 검사 도구

알고리즘 흥미도 검사는 초등학교 6학년생에게 적합하도록 알고리즘 학습에 대한 아동이 느끼는 만족감 4 문항, 학습 태도 3문항, 학습 필요성을 검사하는 2문항 총 10문항으로 연구자가 직접 고안한 것으로 현직교사를 포함한 교육전문가 30명에게 타당도를 검증받았으며 검사의 신뢰도는 Cronbach α =.829로 나타났다. 하위요인에 대한 구체적 내용은 [표 3]과 같다.

절차적 사고 발달 검사는 초등학교 6학년생에게 적합하도록 6학년 1, 2학기 과학 교과에서 문제 상황의 순서를 생각하며 순차적으로 문제해결 과정을 나열해야 하는 10문항으로 연구자가 직접 고안한 것으로 현직교사를 포함한 교육전문가 30명에게 타당도를 검증받았으며 검사의 신뢰도는 Cronbach α =.605로 나타났다. 절차적 사고 발달 검사지의 내용 구성은 [표 4]와 같다.

2. 알고리즘 흥미도, 절차적 사고 발달 사전·사후 비교

그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습이 알고리즘 흥미도와 절차적 사고 발달에 미치는 영향을 알아보기 위하여 집단별(실험집단, 비교집단), 시기별(사전, 사후)로 구분하여 t-검증을 실시하였다

알고리즘 흥미도의 하위 요인을 학습만족감, 학습태도, 학습필요성으로 구분하였다. 실험집단과 비교집단의 사전·사후 알고리즘 흥미도 점수를 비교해 본 결과 실험집단의 학습만족감, 학습태도, 학습필요성의 평균이 증가한 것으로 나타났다[표 5]. 실험집단의 알고리즘 흥미도 평균 점수 증가폭은 학습필요성(0.70), 학습태도(0.52), 학습만족감(0.35) 순으로 나타났다. 비교집단의 알고리즘 흥미도 평균 점수 차이는 오차 범위 내(0.05)

였으나 학습필요성의 평균 점수는 상승폭(0.17)이 컸다.

[표 6]은 실험집단과 비교집단의 사후 알고리즘 흥미도를 비교한 것이다. 그래프 컬러링을 활용한 교수학습 활동 후에도 알고리즘 학습에 대한 학습만족감, 학습필요성에 있어 실험집단과 비교집단은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 알고리즘 학습태도는 유의수준 5% 범위 내에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($t=-2.010$). 두 집단 간의 차이의 원인은 그래프 컬러링을 활용한 개념적 알고리즘 교수학습 활동의 여부이다. 따라서 그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 교수학습이 알고리즘 흥미도 향상에 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있다.

그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습 전후의 절차적 사고 발달을 비교하면 [표 7]과 같다. 실험집단과 비교집단의 사전·사후 절차적 사고 발달 점수를 비교한

표 5. 실험집단과 비교집단의 사전·사후 알고리즘 흥미도 점수 비교

	실험집단			비교집단		
	사전	사후	증감	사전	사후	증감
학습만족감	3.16	3.51	+0.35	3.15	3.19	+0.04
학습태도	3.05	3.57	+0.52	3.19	3.17	-0.02
학습필요성	2.80	3.50	+0.70	2.84	3.01	+0.17

표 6. 실험집단과 비교집단의 사후 알고리즘 흥미도 점수 비교

	집단	N	M	SD	t	p
	학습만족감	실험집단	17	3.51		
	비교집단	18	3.19	2.077		
학습태도	실험집단	17	3.57	2.974	-2.010	.048
	비교집단	18	3.17	1.734		
학습필요성	실험집단	17	3.50	1.658	-1.844	.074
	비교집단	18	3.01	1.243		

표 7. 실험집단과 비교집단의 사전·사후 절차적 사고 발달 점수 비교

	실험집단			비교집단		
	사전	사후	증감	사전	사후	증감
절차적 사고 발달	52.22	56.47	+4.25	55.29	45.00	-10.29

표 8. 실험집단과 비교집단의 사후 절차적 사고 발달 점수 비교

	집단	N	M	SD	t	p
	절차적 사고 발달	실험집단	17	56.47		
	비교집단	18	45.00	18.865		

표 9. 학습자가 고안한 창의적 알고리즘의 예

구분	창의적 알고리즘의 예
1	① 세 개의 간선으로 삼각형 형태로 이어진 세 개의 노드를 찾는다. ② 세 개의 노드를 각각 다른 색으로 칠한다. ③ 삼각형 형태로 이어진 세 개의 노드를 각각의 색으로 다 칠하고 남은 노드는 이미 사용한 세 가지 색 중 연결되지 않은 노드의 색으로 칠한다. ④ 오류를 발견하면 잘못 색칠된 노드를 찾아 수정해 나간다.
2	① 두 개의 간선으로 연속해서 이어진 세 개의 노드를 찾는다. ② 세 개의 노드 중 가운데 노드를 어떤 색으로 칠한다. ③ 양쪽의 노드를 ②의 어떤 색을 제외한 같은 색으로 칠한다. ④ 양쪽의 노드와 연결된 노드를 ②에서 사용한 색으로 칠한다. ⑤ 오류를 발견하면 잘못 색칠된 노드를 찾아 수정해 나간다.
3	① 네 개의 간선으로 사각형 형태로 이어진 네 개의 노드를 찾는다. ② 네 개의 노드 중 서로 대각선으로 마주보는 노드(이어지지 않은)를 같은 색으로 칠하여 나간다. ③ 사각형 형태로 이어진 네 개의 노드를 두 가지 색으로 다 칠하고 남은 노드는 이미 사용한 두 개의 색 중 연결되지 않은 노드의 색으로 칠한다. ④ 오류를 발견하면 잘못 색칠된 노드를 찾아 수정해 나간다.
4	① 여섯 개의 간선으로 대각선을 포함한 사각형 형태로 이어진 네 개의 노드를 찾는다. ② 네 개의 노드를 각각 다른 색으로 칠한다. ③ 사각형 형태를 다 칠하고 남은 노드는 이미 사용한 네 개의 색 중 연결되지 않은 노드의 색으로 칠한다. ④ 오류를 발견하면 잘못 색칠된 노드를 찾아 수정해 나간다.

결과 실험집단에서는 점수가 증가하였으나 비교집단에서는 점수가 떨어진 것으로 나타났다. 비교집단 평균 점수의 하락 원인을 분석한 결과 검사지에 활용된 6학년 과학 교과서의 내용 중 사전 검사지에 학습을 통하여 절차를 기억하고 있었던 6학년 1학기 1, 2단원에 관한 내용을 사후검사 시에는 망각한 것으로 나타났다. 이에 반해 실험집단은 검사 시기의 차이에 따른 망각 정도와 관계없이 절차적 사고의 발달로 검사지의 평균이 상승한 것으로 분석되었다.

집단에 따른 절차적 사고의 차이 분석에 대한 결과는 [표 8]과 같이 실험집단(45.00), 비교집단(56.47)으로 나타났다. t-검증 결과 유의수준 .05에서 통계적으로 유의미하게 나타났다($p < .05$). t-검증의 사후검증결과 실험집단이 비교집단보다 절차적 사고 발달 정도가 높은 것으로 나타났다($t = -2.049$).

3. 창의적 알고리즘의 고안

그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습을 실험집단에 실시한 과정에서 아동들이 스스로 고안한 몇 가지 흥미 있는 알고리즘을 소개한다[표 9]. 그 외 다수의 새로운 알고리즘들이 고안되었고, 아동들은 서로의 알고리즘을 비교하고 다양한 생각에 대하여 흥미를 느끼고 있음을 발견할 수 있었다.

V. 결론

컴퓨터과학의 제 분야 중 알고리즘 영역에 대해 그래프 컬러링을 활용하여 알고리즘 학습 과정을 개발하고, 이것이 학생의 알고리즘에 대한 흥미도와 컴퓨터과학의 주요 사고 중 절차적 사고에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 실험과정에서 교수학습이란 교사 주도의 일방적인 컴퓨터 기능 습득을 위한 학습 과정이 아니라 학습자들이 알고리즘의 문제 독립적인 개념을 익혀 그래프 컬러링을 하는 과정에서 절차적으로 사고하는 능력을 키우고, 자신이 고안한 알고리즘을 수리논리적인 표현이 아닌 이해하기 쉬운 방식으로 표현한 후 학습자들끼리 자유롭게 의사소통하는 과정에서 알고리즘 학습에 대한 흥미를 높이는 학습 과정을 의미한다.

○○광역시 소재의 J초등학교 6학년 35명을 대상으로 알고리즘 학습 과정을 실시한 결과를 Windows용 SPSS 22.0으로 분석하였다. 자료 분석의 결론은 다음과 같다.

첫째, 알고리즘 흥미도의 하위요인으로 알고리즘 학습태도는 비교집단보다 실험집단에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실험집단에서 알고리즘 학습에 관한 학습만족감, 학습태도, 학습필요성의 평균 점수는 비교집단보다 더 큰 폭으로 증가하였다. 반면 비교집단에서는 학습만족감과 학습필요성의 평균 점수는

증가하였으나, 학습태도의 평균 점수는 하락하였다. 이를 통해 그래프 컬러링을 활용한 개념적 알고리즘 학습이 알고리즘에 대한 학습만족감, 학습태도, 학습필요성을 포함한 학습자의 알고리즘 흥미도를 향상시키며, 알고리즘 흥미도의 하위요인 중 학습필요성을 높이는 데는 효과적임을 관찰할 수 있었다.

둘째, 컴퓨터 과학의 주요 사고 중 하나인 절차적 사고는 비교집단보다 실험집단에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 비교집단의 절차적 사고 평균점수가 하락한 반면에 실험집단에서 절차적 사고의 평균점수는 증가하였다. 이를 통해 그래프 컬러링을 활용한 개념적 알고리즘 학습은 절차적 사고를 향상시킴을 관찰할 수 있었다.

이로써 알고리즘에 대한 흥미도와 알고리즘에 대한 이해도, 특히 절차적 사고능력의 향상 가능성을 높이는 데 그래프 컬러링을 활용한 알고리즘 학습이 효과적임을 볼 수 있었고 알고리즘 교육에 대한 새로운 방법을 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] “英 ”코딩 못하면 국가미래 없다“...5살 때부터 컴퓨터언어 교육”, 한국경제, 2014 . 3. 30. <<http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=2014033015871>>
- [2] 강오한, 박정미, “공업계 고등학교 ‘정보 기술 기초’ 교과서 분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제3호, pp.485-494, 2013.
- [3] 강신천, “초중등 컴퓨터 교육과정과 대학 컴퓨터 교육과정 연계 연구”, IT 인력 양성과 컴퓨터 교육 워크샵, 한국교육과정평가원, 2005.
- [4] 이영준, “Computational Thinking 향상을 위한 초·중등학교 정보교육의 방향”, 컴퓨터교육학회 논문지, 제2권, pp.17-27, 2008.
- [5] 이주영, 초등학교 정보교과 교육과정의 실태 분석 및 발전 방안, 서울교육대학교 석사학위논문, 2013.
- [6] 이강산, 제7차 개정 교육과정에서의 이산수학 지도방법 연구, 경희대학교 석사학위논문, 2013.
- [7] 문교식, “Computational Thinking의 초등교육 활용 방향”, 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제6호, pp.518-526, 2013.
- [8] J. Wing, “Computational Thinking and Thinking about Computing. Philosophical Transactions of the Royal Society,” Vol.366, pp.3717-3725, 2008.
- [9] 이은경, Computational Thinking 능력 향상을 위한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형, 한국교원대학교 박사학위논문, 2009.
- [10] 박지연, Computational Thinking 능력과 유아놀이의 연관성 분석, 고려대학교 석사학위논문, 2012.
- [11] D. Moursund, Computational Thinking and Math Maturity: Improving Math Education in K-8 School, Eugene, Oregon: University of Oregon Press, 1977.
- [12] 문교식, “계산사고의 적용을 위한 알고리즘 학습”, 한국정보교육학회 학술논문집, 제4권, 제1호, pp.295-300, 2013.
- [13] 한옥영, 김재현, “효과적인 알고리즘 교육을 위한 교수-학습 모형 개발”, 컴퓨터교육학회 논문지, 제14권, pp.13-22, 2011.
- [14] 백선련, 초등학생의 문제해결력을 위한 놀이 중심 알고리즘 교재 개발 및 적용, 한국교원대학교 석사학위논문, 2008.
- [15] 오준호, “뉴미디어 예술 작품에 적용된 알고리즘의 미학적 함의: 라이브 코딩을 중심으로”, 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제3호, pp.119-130, 2013.
- [16] 이주화, 초등 영재를 위한 정렬 알고리즘 교육 프로그램의 개발 및 적용, 서울교육대학교 석사학위논문, 2012.
- [17] 안형진, EPL을 활용한 문제해결력 중심의 초등학교 알고리즘 교육과정 개발, 광주교육대학교 석사학위논문, 2011.
- [18] 박지은, 알고리즘 표현 교육의 초등 과학 수업에 적용, 전주교육대학교 석사학위논문, 2013.
- [19] 배영권, 문교식, 사칙연산을 이용한 알고리즘 원

리 학습 방안, 한국정보교육학회 논문지, 제12권, pp.303-312, 2008.

[20] 문교식, 개념적 알고리즘에 기반 한 컴퓨터 알고리즘 교육의 방향, 한국정보교육학회 논문지, 제11권, pp.29-37, 2007.

저자 소개

박 윤 정(Yoon-Jeong Park)

정회원



- 2011년 : 대구교육대학교 학사
- 2014년 : 대구교육대학교 교육대학원 석사
- 2011년 ~ 현재 : 대구광역시 초등학교 교사

<관심분야> : 컴퓨터교육, 알고리즘, 데이터베이스

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