

초등 정보 영재의 알고리즘 학습을 위한 퍼즐의 교육적 활용

최정원*, 이영준**

Educational Application of Puzzles for Algorithm Learning of Informatics Gifted Elementary School Students

Jeong-Won Choi *, Young-Jun Lee **

요 약

알고리즘은 문제를 효과적이고 효율적으로 해결하기 위해 필요한 문제 해결 과정을 설계하는 기법을 다루기 때문에 컴퓨터 과학을 배우는 사람이라면 반드시 학습해야 하는 영역이다. 알고리즘 교육은 학습자들이 알고리즘을 설계하는 기법을 익히는 것 뿐 아니라 학습한 알고리즘 기법을 문제를 해결하는 데 적절히 활용할 수 있는 능력을 함께 익힐 때 효과적이다. 특히 사회적으로 커다란 영향을 미칠 가능성을 가진 정보 영재 학생들을 대상으로 하는 교육 활성화에 대한 인식이 확산되기 시작하면서 이들을 어떻게 가르칠 것인가에 대한 관심이 고조되고 있다. 따라서 본 연구에서는 정보 영재 학습자들이 알고리즘 설계 기법을 보다 쉽게 학습하고 문제를 해결하는 데 활용하는 방법을 익힐 수 있도록 하기 위하여 퍼즐을 도입하였다. 연구 결과 퍼즐 기반의 알고리즘 학습이 전통적인 알고리즘 학습 방법에 비해 학습자들에게 긍정적인 영향을 준 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 학습자들이 퍼즐 기반 알고리즘 학습을 통해 알고리즘 설계 기법을 적용하는 다양한 문제 해결 경험을 함으로써 흥미와 학습의 전이가 향상된 것이라 해석할 수 있다.

▶ Keywords : 퍼즐 기반 학습, 알고리즘, 정보 영재

Abstract

The algorithm in computer science includes skills to design a problem solving process for solving problems efficiently and effectively. Therefore all learners who learn computer science have to learn

•제1저자 : 최정원 •교신저자 : 이영준

•투고일 : 2015. 4. 2. 심사일 : 2015. 4. 27., 게재확정일 : 2015. 5. 11

* 석정중학교(Seokjeong Middle School)

** 한국교원대학교 컴퓨터교육과(Dept. of Computer Education, Korea National University of Education)

※이 논문은 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임
(No. 2012R1A1A4A01019396)

algorithm. Education for algorithm is effective when learners acquire skills to design algorithm as well as ability to use appropriate design skills solving problems. Especially since it is heightened people awareness to cultivating informatics gifted students who have potential of significant impact on society, many studies on how to teach them have been in progress. Therefore in this study we adopted puzzles to help informatics gifted students learn skills to design algorithm and how to use them to solve problems. The results of pre and post test compared to traditional algorithm learning, we identified that puzzled based algorithm learning gave a positive impact to students. Students had various problem solving experience applying algorithm design skills in puzzle based learning. As a result, students of learning and learning transfer has been improved.

▶ Keywords : Puzzle-based Learning, Algorithm, Informatics Gifted

I. 서 론

컴퓨터 과학이 현대 사회의 문제 해결에 효율성과 효과성을 제공하는 핵심 학문으로 대두되면서 이에 대한 관심이 높아졌으며 컴퓨터 과학 교육의 필요성과 중요성이 강조되고 있다. 특히 국가 경쟁력 강화를 위한 핵심 인재를 양성하고 우수 인재들이 사회에 미치는 과급 효과를 고려할 때, 컴퓨터 과학 분야에 우수성을 보이는 정보 영재 학생들을 위한 컴퓨터 과학 교육은 필수적이다[1].

컴퓨터 과학 교육 내용 중에서 알고리즘은 컴퓨터 과학의 개념과 원리를 파악하는 가장 기본적인 영역으로 컴퓨터 과학 학문 전반에 걸쳐 널리 활용된다. 알고리즘 영역은 문제를 빠르고 정확하게 해결하는 문제 해결 과정 설계 기법을 다루기 때문에 다양한 학문 분야, 심지어는 실생활에서도 문제 해결에 활용되기도 한다.

그러나 현재 정보 영재를 대상으로 하는 알고리즘 교육을 살펴보면 가장 대표적인 알고리즘 설계 기법인 정렬이나 탐색을 중심으로 가르치고 있다는 비판을 받고 있다[2][3][4]. 뿐만 아니라 알고리즘 설계 기법의 개념과 원리를 암기하고 의사코드로 표현해보는 수준에서 학습이 종료된다[4]. 이러한 점은 학습자들로 하여금 알고리즘을 배워야 할 필요성을 인지하지 못하도록 하며 지루하고 어려운 영역이라는 인식을 심어주기 쉽다. 게다가 문제 해결에 어떤 알고리즘 설계 기법을 적용할 것인가는 전적으로 학습자의 능력에 달려있게 된다.

보다 효과적인 알고리즘 교육이 되기 위해서는 학습 방법 측면에서 볼 때 학습자들이 알고리즘 설계 기법을 쉽게 이해하고 기억할 수 있도록 해야 하며 문제 상황에 적합한 기법을 적용할 수 있도록 해야 한다. 또한 학습 내용 측면에서는 정렬이나 탐색 위주의 내용을 집중적으로 다루기보다는 다양한 알고리즘 설계 기법을 학습하도록 해야 한다.

현재 알고리즘 학습 효과를 높이기 위하여 학습자가 알고리즘 설계 기법을 몸소 체험해보는 Unplugged 방식을 도입하고 있다. 이 방식이 알고리즘 설계 기법을 쉽게 학습하는 방법이라는 하지만 활동하는 데에 시간이 오래 걸리거나 이 방식을 도입할 수 있는 알고리즘 설계 기법이 다소 제한적이다.

이에 반해 퍼즐은 다양하면서도 흥미로운 문제 상황을 만들 수 있어 학습자들의 학습 동기를 유발할 수 있으며 재미있고 짧게 제시되는 문제 상황은 학습자들이 문제와 해법을 기억하기 쉽도록 하여 다른 문제에 대한 해법의 전이성이 높다. 또한 특정 학문 영역에 대한 지식을 요구하지 않기 때문에 누구나 쉽게 접근할 수 있다는 장점이 있다. 더 나아가 학습의 전이성과 퍼즐이 갖는 다양한 문제 상황은 알고리즘 설계 기법을 적용하는 학습, 다양한 알고리즘 설계 기법 자체를 학습하는 데에 효과적이다.

따라서 본 연구에서 알고리즘 학습 효과를 높이기 위해 퍼즐을 도입하고 학습 효과를 검증하였다. 이를 위하여 2장에서는 알고리즘 학습 현황을 살펴보고 퍼즐 기반 학습이 알고리즘 학습 향상에 도움이 될 수 있는지에 대하여 선행 연구를 통해 살펴보았다. 3장에서는 퍼즐 기반 알고리즘 학습을 실행을 위한 학습 전략과 학습에 도입할 알고리즘 설계 기법들을

제시하였다. 4장에서는 본 연구를 수행한 방법들을 설명하며 5장에서는 연구 결과와 그에 따른 시사점을 도출하였다.

II. 관련 연구

1. 알고리즘 학습

알고리즘은 직면한 문제를 해결하는 과정을 의미한다. 컴퓨터 과학 분야가 컴퓨팅 시스템을 이해하고 컴퓨팅 시스템을 사용함으로써 사람이 해결하지 못하거나 해결하는 데에 시간이 매우 오래 걸리는 문제를 효율적이고 효과적으로 해결할 수 있도록 하는 학문임을 고려할 때 알고리즘은 문제 해결을 잘 하기 위해 면밀히 설계해야 하는 도면과 같은 중요한 역할을 하는 하나의 영역이다. 이러한 점은 알고리즘이 컴퓨터 과학에서 다루는 모든 분야들과 연계되지 않는 부분이 없다는 점에서 그 중요성을 확인할 수 있으며 컴퓨터 과학을 배우는 학습자들이라면 누구나 필수적으로 학습해야 하는 부분이다.

컴퓨터 과학에서 배우게 되는 알고리즘 수업은 알고리즘을 설계하는데 사용하는 다양한 기법들을 중심으로 이루어진다. 문제를 순서대로 나열하기 위해서 사용할 수 있는 다양한 정렬 기법, 원하는 정보를 빠르게 찾기 위한 탐색 기법 등이 대표적인 사례이다. 이러한 기법들을 알고 있는가, 그렇지 않는가의 차이는 매우 크다. 알고 있다는 사실은 이 기법들을 적용해야 하는 문제 상황에 직면하게 되었을 때 인지 구조에 저장되어 있던 기법을 문제 상황에 적용할 수 있는 가능성이 크다는 것을 의미하기 때문이다.

현재 알고리즘 교육 사례를 살펴보면 다양한 알고리즘의 종류 중 정렬과 탐색 알고리즘 설계 기법을 중심으로 그 기법의 개념, 원리를 이해하는 데에 초점이 맞추어져 있다 [2][3][4].

이러한 교육 방식은 정보 영재교육이라고 해서 다르지 않다. 차별화되는 점이라고 한다면 일부 영재교육기관에서 정보 올림피아드 대회 출전을 대비하여 대회에 자주 등장하는 알고리즘 설계 기법의 원리와 이를 프로그래밍 언어로 코딩하는 것을 학습하고 어느 문제 유형에 어떤 알고리즘 설계 기법이 적용되는지 정확화하는 연습을 한다는 점이다 [5][6].

그러나 알고리즘 학습에서 중요한 것은 학습자들이 알고리즘을 알고 있는가, 이해했는가 뿐만이 아니다. 문제 상황에 직면했을 때 적합한 알고리즘 설계기법을 적용할 수 있는가, 이 기법을 사용하여 효율적이고 효과적인 알고리즘을 설계할 수 있는가를 함께 고려해야 한다. 학습자가 알고리즘 설계 기

법을 알고 있다고 해서 문제 상황에 맞는 기법을 바로 적용할 수 있는 것은 아니므로 학습자들이 이를 활용할 수 있는 능력을 함께 길러줘야 할 필요가 있기 때문이다.

2. 퍼즐 기반 학습

퍼즐은 주어진 문제 해결 도구가 무엇이나에 따라서 탱그램, 펜토미노와 같은 특정 도구를 활용하는 조작 퍼즐과 종이와 펜을 사용하는 지필 퍼즐로 나뉜다. 지필 퍼즐은 또 다시 주어진 문제의 틀을 완성하는 완성형 퍼즐과 문제 해결 과정이 개방된 개방형 퍼즐로 다시 구분된다. 본 연구에서는 도구의 사용이라는 제약이나 주어진 틀을 완성함으로써 문제 해결 패턴을 익히는 조작 퍼즐이나 완성형 퍼즐을 활용하는 대신 문제 해결을 위한 접근이 개방되어 있어 현실 생활의 문제 상황과 유사한 환경을 제공할 수 있도록 하는 개방형 퍼즐을 다루었다.

일반적으로 퍼즐은 흥미로운 문제 상황을 가지고 있기 때문에 학습자들을 문제 해결에 지속적으로 참여시킴으로써 해를 찾아내어 인지적인 만족감을 제공하는 특징을 갖고 있다. 뿐만 아니라 특정한 분야의 지식과 해결 전략을 요구하지 않기 때문에 누구든지 쉽게 도전할 수 있고 다양한 분야의 문제들을 다룰 수 있다. 퍼즐이 갖는 간단하고 흥미로운 문제 상황은 학습자로 하여금 문제 자체와 해결 과정을 기억하기 쉽도록 하므로 문제 해결의 전이력이 높은 편이다. 게다가 문제 해결 과정에서 논리적이고 체계적인 설계 과정을 거치지 않고 과거의 성공적인 문제 해결 경험에 의존하는 경우는 해답에 이르는 것이 어렵도록 하므로 정확한 문제 해결 방법과 전략을 학습할 수 있도록 한다 [7].

퍼즐의 이러한 특징은 학습에 도입될 때 학습 효과를 높일 수 있다. 개방형 퍼즐의 문제 상황이 갖는 흥미 유발 특성은 학습에 대한 적극적인 참여 태도를 유지시키며, 해결 과정 동안 끊임없이 생각하도록 하는 점은 학습자들의 논리적 사고력, 비판적 사고력 또한 향상시킨다 [7][8].

최근에는 컴퓨터 과학을 전공하는 대학생들이 컴퓨터 과학 개론마저도 어려워하고 지루해 하는 점을 개선하기 위하여 수업에 퍼즐을 도입하여 적극적인 참여를 유도하고 학습자의 이해를 돕고 있다 [9][10]. 그러나 퍼즐을 컴퓨터 과학 수업에 도입한 연구 사례들은 주로 대학생을 대상으로 한다. 다양한 퍼즐을 컴퓨터 과학과 접목시키려고 하다보니 높은 수준의 수학적 지식을 요구하는 경우가 많기 때문이다.

퍼즐이 주는 컴퓨터 과학 학습 향상 효과를 고려해볼 때 대학생을 대상으로 한정되어 있던 제약을 극복하고 초·중·고 학생들에게도 확대시키기 위해서는 학습자의 수준에 적절한 퍼

즐과 학습 전략을 도입할 수 있어야 한다.

최근 퍼즐의 장점을 살려 초등학교 정보 영재 학생들의 컴퓨터 과학 교육에 퍼즐 기반 학습이 도입되고 있다. 퍼즐의 해결 과정에는 다양한 컴퓨팅 사고력의 문제해결요소를 활용할 수 있으며 문제 해결의 효율성을 높이기 위하여 알고리즘 설계 기법을 활용할 수 있기 때문에 컴퓨팅 사고력의 추상화 능력을 길러줄 수 있다[11].

그러나 초등 정보 영재 학습자들의 컴퓨팅 사고력을 향상할 수 있지만 문제 해결 접근이 개방적이어서 다양한 방법을 탐색해보아야 한다는 점이 학습자들에게 인지적 부담이 될 수 있기 때문에 교사가 적절한 피드백과 스캐폴딩을 적시에 제공할 수 있는 전략이 도입되어야 할 필요가 있다[12].

본 연구에서는 학습자의 알고리즘 학습 향상을 위한 목적으로 퍼즐을 도입하고 학습 효과를 검증하였다. 알고리즘은 문제 해결 과정에서 문제 해결의 효과성과 효율성을 높이기 위한 문제 해결 전략으로 활용될 수 있으며, 퍼즐은 다양한 문제 상황을 제공함으로써 학습자가 문제 해결에 어떠한 알고리즘을 적용해야 하는지에 대한 방법적인 지식을 깨달을 수 있도록 한다.

III. 퍼즐 기반 알고리즘 학습 설계

컴퓨터 과학의 기반 학문이 되는 알고리즘을 효과적이고 효율적으로 학습하기 위해서는 알고리즘이 적용되는 문제를 해결하는 경험을 하는 것이 중요하다. 특히 퍼즐은 다양한 문제 상황을 연출할 수 있고 문제 해결을 위한 접근이 개방적이기 때문에 다양한 문제 해결 경험을 제공하기 적합하다.

퍼즐은 알고리즘이 활용되는 문제 상황을 다양하게 제공할 수 있다는 장점은 있지만 해법 접근에 대한 개방적인 특징 때문에 초보 학습자들이 쉽게 해법에 접근하지 못하는 어려움이 있다. 따라서 초등학교 정보 영재를 기준으로 어느 수준의 알고리즘을 제시할 것인가에 대해 고려한 수업 설계가 필요하다.

1. 학습 전략

본 연구에서 제안하는 퍼즐 기반 알고리즘 학습은 퍼즐의 해답을 찾는 것만이 목표가 아니다. 문제를 해결하는 데 적합한 알고리즘 설계 기법을 선택하고 이를 적용하여 문제를 해결할 수 있도록 하는 것도 포함된다.

알고리즘 설계 기법을 익히고 이를 문제 해결에 적용하기 위해서는 문제 상황을 정확하게 파악할 수 있어야 한다. 일반적으로 사람은 문제를 해결하기 위하여 자신들이 문제 해결에

성공한 경험을 바탕으로 해결하려고 한다. 성공적인 문제 해결 경험이 누적되면 문제 상황에 대한 면밀한 분석 없이 자신의 직관에 의존하여 문제를 해결하고자 하는 경우가 많다. 그러나 이러한 해결 방법은 익숙한 문제의 유형을 해결할 때에는 쉽고 빠르게 해결할 수 있지만 새로운 유형이거나 복잡한 문제를 해결해야 할 때에는 난관에 봉착할 수 있다. 따라서 학습자들이 자신의 문제 해결 경험에 의존하지 않고 문제를 해결할 수 있도록 하기 위하여 다음의 문제 해결 요소들을 고려하도록 하였다. 이 문제 해결 요소들은 문제의 해를 찾아가는 데 필요한 단서들을 찾을 수 있도록 안내한다. 물론 문제 해결 과정 설계를 돕는 요소들이지만 해를 보장하는 것은 아니다. 또한 모든 요소들이 퍼즐 하나를 해결하는 데 모두 사용되는 것은 아니며 문제를 해결하기 위한 특정 순서가 있는 것도 아니다.

- 문제의 현재 상태
- 문제의 목표 상태
- 문제에서 정의해야 할 용어
- 문제 해결에 필요한 자료 수집
- 문제 해결에 반드시 필요한 요소만 추출
- 문제 해결에 반복적으로 나타나는 패턴 인식
- 문제 해결에 필요한 자료를 시각적구조적으로 표현
- 큰 문제를 해결 가능한 단위의 작은 문제로 분해

문제 해결 요소들은 학습 초기에 의식적으로 하나씩 떠올려 보면서 투입 시점을 결정하지만 문제 해결 경험이 누적될수록 어떤 시점에 어떤 문제 해결 요소가 투입되어야 하는지 깨닫게 된다.

2. 알고리즘

지금까지 정보 영재들을 대상으로 하는 알고리즘 교육은 주로 정렬과 탐색 기법을 중심으로 가르치거나 정보올림피아드 대회 참여를 목적으로 출제된 문제 유형을 분석하여 자주 등장하는 알고리즘을 암기하고 프로그래밍으로 구현하는데 집중되어 있다.

일반적으로 교육은 학습자의 수준을 바탕으로 어떠한 내용을 어떻게 가르칠 것인가에 초점을 둔다. 그러나 지식을 습득하는 속도와 이해 수준이 상대적으로 우수한 영재 학생들은 무엇을 가르칠 것인가 보다는 어떻게 가르칠 것인가에 보다 집중할 수 있어야 한다. 가르치는 전략과 방법은 학습자의 이해가 쉽게 일어나도록 돕기 때문이다. 문교식(2008)은 이러한 점에서 초등 정보 영재 학생들에게도 다양한 알고리즘 설

게 기법을 가르칠 수 있다고 주장한다[13]. 그는 알고리즘을 알고리즘이 갖는 특성에 따라 개념적 알고리즘, 자료 구조적 알고리즘, 필수 알고리즘으로 구분하여 제시하면서 이 알고리즘들이 초등학교 정보 영재 학생들이 학습할 수 있는 알고리즘임을 제시하였다.

개념적 알고리즘은 문제 해결 과정에 자연스럽게 융합되어 가시적으로 드러나지 않는 알고리즘으로 문제 해결 방향을 안내한다. 개념적 알고리즘에는 반복 알고리즘, 재귀 알고리즘, 동적 프로그래밍, 백트래킹, 분할 정복 등이 포함된다. 자료 구조적 알고리즘은 컴퓨터 과학의 자료 구조 부분에 대한 알고리즘으로 배열, 리스트, 스택, 큐, 트리, 그래프 등을 사용하고 응용하는 문제 해결에 필요한 알고리즘이다. 필수 알고리즘은 다양한 분야의 문제 해결에 활용도가 높은 알고리즘으로 현재 정보 영재의 알고리즘 학습에 포함되어 있는 정렬과 탐색과 최단 경로, 문자열 탐색, 유한 상태, 최적화 알고리즘 등이 이에 속한다.

본 연구에서 선행 연구를 바탕으로 초등 정보 영재 학생들이 학습해야 할 알고리즘 설계 기법들을 표 1과 같이 제시하였다. 표 1에는 해당 기법을 가르치기 위해 도입한 퍼즐의 주제 또한 포함하고 있다. 정보 영재 학생들이 학습한 알고리즘과 퍼즐은 정렬, 탐색, 재귀법, 동적 프로그래밍, 백트래킹, 정렬, 최단경로, 오토마타, 문자열 매칭, 분할 정복 등의 알고리즘이 포함되어 있다.

표 1. 퍼즐 기반 알고리즘 학습 내용
Table 1. Puzzle Based Algorithm Learning Contents

차시	퍼즐	알고리즘
1	<ul style="list-style-type: none"> 보물구슬 꺼내기 배에 물건 싣기 	순차, 반복, 조건 분기
	<ul style="list-style-type: none"> 미용실에서 염색하기 기관사 찾기 부활절 달걀 	백트래킹
2	<ul style="list-style-type: none"> 다리 건설 빌딩에서 달걀 떨어뜨리기 	brute-force, B트리, 이진트리
	<ul style="list-style-type: none"> 대학 구경 선원의 항해 	최소 비용 신장 트리, 동적 프로그래밍
3	<ul style="list-style-type: none"> 금고 열기 비밀 편지 	암호화 알고리즘
	<ul style="list-style-type: none"> 연아의 생활 패턴 자전거 타기 	스케줄링
4	<ul style="list-style-type: none"> 한 달 간에 온 생일 선물 도서관 사서의 하루 	삽입, 버블, 퀵정렬
	<ul style="list-style-type: none"> 시계탑의 비밀 세포 번식 승려가 시는 섬 	분할 정복
5	<ul style="list-style-type: none"> 꽃잎의 비밀 물건 배송 하노이탑 	재귀법 욕심쟁이 알고리즘

IV. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 연구대상은 교육청 초등 정보 영재 학생 33명이며 학생들은 총 2학년급으로 구성되어 있다. 2학년급을 각각 실험 집단과 통제 집단으로 구성하였다. 실험 집단 학생들은 총 13명이며 통제 집단 학생들은 20명이다.

2. 연구 설계

퍼즐 기반 알고리즘 학습이 학습자의 알고리즘 학습에 미친 영향을 분석하기 위한 연구의 실험 설계는 다음과 같다.

실험집단	O1	X1	O2
통제집단	O3	X2	O4

O1, O3 : 사전검사(알고리즘)

X1 : 퍼즐 기반 알고리즘 학습

X2 : 전통적인 알고리즘 학습

O2, O4 : 사후검사(알고리즘)

3. 연구 도구

알고리즘 설계 기법은 문제를 해결할 때 효과성과 효율성을 보장하기 위한 문제 해결 전략의 역할을 한다. 알고리즘 학습 결과를 평가하기 위해서는 알고리즘 설계 기법 자체를 정확하게 이해하고 있는가 뿐 아니라 직면한 문제 상황을 해결하는 데에 적합한 알고리즘을 적용하여 문제를 효율적이고 효과적으로 해결할 수 있는가도 함께 평가할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이를 평가할 수 있는 도구로서 이은경(2009)의 컴퓨팅 사고력 향상 도구를 연구의 목적에 맞게 수정·보완하여 사용하였다[14]. 이은경의 검사는 OECD, PISA의 문제 해결 영역 문항의 평가 틀을 기준으로 실생활 맥락을 갖는 문제 상황을 제시하고 있으며 효과적이고 효율적인 문제 해결 전략으로서 알고리즘 설계 기법을 적용할 수 있다. 또한 개방형 서술 문제로 학습자가 문제 해결 전 과정을 스스로 해결하는 과정을 살펴볼 수 있다는 장점을 갖는다.

본 연구에서의 문항들은 표 2와 같으며 전문가 5인의 협의를 통해 그 타당성을 검증하였다. 이 문항들은 총 30분 동안 해결하도록 제시되었다. 채점은 문제 해결에 적합한 설계 기법을 이용하여 알고리즘을 설계하고 문제의 해를 찾은 경우는

2점, 알고리즘 설계 기법을 절차적으로 표현하지 못하고 과정의 일부가 결여되어 있지만 어떤 기법을 적용해야 하는지 알고 해를 찾은 경우는 1점, 그 외의 경우는 0점을 부여하였다.

표 2. 알고리즘 평가 문항
Table 2. Algorithm Test Questions

	문항	알고리즘
1	로봇의 길 건너기	절차, 반복, 조건 분기 알고리즘 해석
2	넓은 다리 건너기	동적 프로그래밍
3	토끼의 번식	재귀
4	한 도시를 구성하는 구 구별하기	백트래킹
5	음악 줄넘기	이진 탐색
6	해수욕장	스케줄링

또한 퍼즐 기반 알고리즘 학습 방법으로 학습했던 집단의 문제 해결 과정과 전통적인 알고리즘 학습 방법을 취한 집단의 문제 해결 과정을 비교할 때 어떤 차이가 있는지를 확인하기 위하여 실험 집단과 통제 집단의 정답자와 오답자의 답안지를 분석하였다.

4. 연구 절차

실험 집단과 통제 집단을 대상으로 알고리즘 학습을 실시하기 전 사전 검사를 30분간 실시하였다. 교육 프로그램 적용은 1주일에 걸쳐 하루에 4시간씩 5일간 총 20시간 동안 진행되었고 실험 집단은 퍼즐 기반 알고리즘 학습을, 통제 집단은 전통적인 방식의 알고리즘 학습을 진행하였다.

V. 연구 결과 및 논의

1. 사전 검사 결과

실험 집단과 통제 집단의 동질성을 검증하기 위하여 사전 검사를 실시하였다. 그 결과는 표 3에서와 같이 동질 집단인 것을 확인할 수 있었다.

표 3. 사전 검사 결과
Table 3. Pre-test Results

	학생수	평균	표준 편차	t	df	p
실험 집단	13	1.54	1.39	.941	31	.354
통제 집단	20	1.10	1.25			

2. 사후 검사 결과

사후 검사 결과는 표 4, 표 5와 같다. 실험 집단의 학생들이 통제 집단에 비해 유의한 향상이 있었으며($p < .001$), 집단 내 사전-사후 검사 결과 또한 실험 집단의 학습이 통계적으로 유의한 향상이 있음을 확인하였다($p < .05$).

이러한 결과는 퍼즐 기반 알고리즘 학습이 학습자의 알고리즘 학습 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 퍼즐이 갖는 흥미 요소가 학습자의 알고리즘 학습을 촉진시킨 데다가 퍼즐이 제공하는 다양한 문제 상황이 학습자로 하여금 알고리즘 학습의 필요성을 깨닫게 하면서 문제 상황을 해결할 수 있는 다양한 알고리즘 설계 기법을 적용하는 연습이 가능하도록 했기 때문이라 판단된다. 뿐만 아니라 퍼즐의 전이성으로 인해 학습자들이 알고리즘 설계 기법을 잘 기억할 수 있도록 한 것이라 판단된다.

표 4. 사후 검사 결과
Table 4. Post-test Results

	학생수	평균	표준 편차	t	df	p
실험집단	13	3.31	1.43	4.420	31	.000
통제집단	20	1.05	1.10			

표 5. 사전-사후 차이 검증 결과
Table 5. Pre-Post differences test results

	학생수	사전 검사 - 사후 검사				
		평균	표준 편차	t	df	p
실험집단	13	-1.77	1.83	-3.481	12	.005
통제집단	20	.05	.999	.224	19	.825

3. 학습자 문제 해결 과정 분석

퍼즐 기반 알고리즘 학습 방식으로 학습한 집단과 전통적인 방식으로 알고리즘을 학습한 통제 집단의 정답자와 오답자의 답안과 비교함으로써 어떤 차이가 있는지 확인하였다. 이

과정은 퍼즐 기반 알고리즘 학습이 학습자의 알고리즘 학습에 어떠한 영향을 미치고 있는지 면밀히 분석하기 위함이다.

학습자 문제 해결 과정의 사례를 제시하면 다음과 같다. 다음의 퍼즐은 동적 프로그래밍 기법을 활용하는 “낮은 다리 건너기” 문항이다.

여행자 4명이 강 위에 놓인 다리를 건너려고 합니다. 아주 어두운 밤인데 램프는 하나만 있으며 다리가 오래되고 낮아 다리를 건너기 위해서는 램프가 꼭 필요합니다. 다리는 아주 약해서 한 번에 두 명까지만 지나갈 수 있고 여행자들이 다리를 건너는 데는 각각 다른 시간이 걸립니다.

A는 짧고 빠르기 때문에 다리를 건너는 데 1분이 걸리며 B는 2분, C는 5분, D는 나이가 많고 다리 교정을 받아 10이 걸립니다. 다리를 건널 때 램프가 꼭 필요하기 때문에 두 사람이 함께 다리를 건널 때는 속도가 느린 사람의 속도에 맞추게 됩니다. 어떻게 해야 가장 빠르게 모두 다리를 건널 수 있을까요?

본 문항을 해결하기 위해서는 ‘가장 빠르게’라는 용어가 최적화를 의미한다는 것을 파악하고 적절한 최적화 알고리즘 설계 기법을 선택할 수 있어야 한다. 이 문항은 조건에 따라 2명이 다리를 건너가고 1명이 돌아오는 단계로 생각해볼 수 있다. 가장 중요한 점은 첫 단계를 해결하기 위하여 선택한 문제 해결 방법이 문제의 해를 찾을 때까지 지속적으로 활용되는 것이 아니라는 점이다. 즉, A가 가장 짧은 시간이 걸린다고 해서 A가 반드시 지속적으로 왕복해야 하는 것은 아니라는 점을 유의해야 한다. 각 단계가 수행될 때마다 문제 해결 전략이 동적으로 변화할 수 있다는 사실을 알아둘 필요가 있다. 그리고 각 단계마다 수행되는 시간을 기록하고 합산할 수 있어야 한다.

문제를 정확하게 해결한 실험집단의 정답자들은 적합한 알고리즘 기법을 선택하여 문제 해결 과정을 구현해내었고, 그 과정에서 단계별로 걸리는 시간과 총 이동 시간을 기록하고 최종적으로 다리를 건너는 데 걸린 시간을 도출하는 과정을 절차적으로 명확하게 표현하였다. 통제 집단의 정답자들은 알고리즘을 절차적으로 명확하면서도 간단히 표현하기 보다는 서술 형식으로 설명하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 통제 집단의 정답자의 경우 어떤 알고리즘 설계 기법을 적용해야 할지 알고 퍼즐을 해결했다고 하기 보다는 알고리즘과 전혀 관련이 없는 주어진 문제를 해결했다고 인식한다는 것을 나타낸다.

오답자의 답안을 분석해보면, 실험 집단의 경우는 적합한 알고리즘 설계 기법을 찾지 못하는 학습자들이 대수였다. 문제 해결 과정을 절차적으로 표현하려고 하였으나 적합한 알고리즘을 선택하지 못해 다른 기법을 적용함으로써 첫 번째 선택했던 문제 해결 전략을 지속적으로 적용하여 최적의 해를 구하지 못하였다. 이와 비교할 때, 통제 집단의 학습자들은 논리적으로 문제 해결 과정을 설계하려고 하는 대신 ‘업고 간다’, ‘등불을 다리 건너편으로 던진다’ 등 문제의 해를 찾는 것에 집중하였고 알고리즘 과정 설명에 논리적인 비약을 관찰할 수 있었다. 오답자의 문제 해결 과정은 그림 1과 같다.

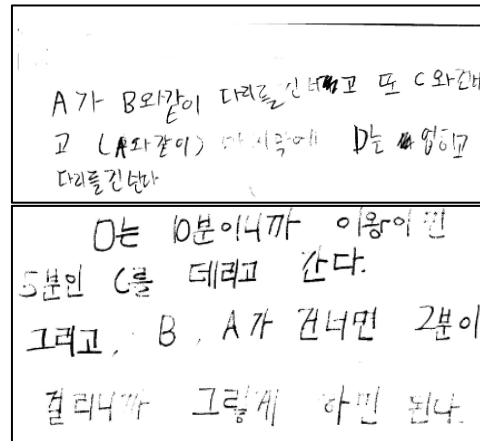


그림 1. 오답자 문제 해결 과정
Fig. 1. Wrong Answer Students' Problem Solving Process

VI. 결론

21세기를 살아가는 학습자라면 반드시 갖추어야 할 능력으로 문제 해결 능력이 대두되고 있다[15][16]. 특히 컴퓨터 과학은 컴퓨팅 시스템을 활용함으로써 문제를 효과적이고 효율적으로 해결할 수 있도록 하는 중요한 역할을 하게 되면서 컴퓨터 과학 교육을 해야 한다는 필요성과 중요성이 더욱 대두되고 있다.

컴퓨터 과학에서 가장 기본이 되는 영역은 알고리즘으로 문제 해결과 직접 관련되는 부분이며 알고리즘은 컴퓨터 과학을 학습하는 사람들이라면 반드시 학습해야 하는 영역이다. 알고리즘은 문제 해결 과정을 효과적이고 효율적으로 설계하도록 하는 기법들을 학습할 수 있기 때문이다.

특히 우수한 인재가 사회에 미치는 영향력을 고려할 때 컴퓨터 과학 분야의 우수한 인재 양성을 위한 교육을 고려하지

않수 없다. 그런데 현재 정보 영재 교육에서 이루어지는 알고리즘 학습을 살펴보면 정렬과 탐색 설계 기법을 중심으로 개념과 원리를 이해하는 수준에 그치고 있다. 혹은 정보 올림피아드를 준비하는 교육 기관들은 대회에 출제되는 문제 유형에 필요한 알고리즘 설계 기법을 익히고 이를 컴퓨팅 프로그램에서 구현하는 방법을 학습하도록 하고 있다.

알고리즘을 설계하는 다양한 기법을 익히는 것도 물론 중요하지만 이를 학습했다고 해서 문제를 해결하는데 바로 활용할 수 있는 것은 아니다. 알고리즘 설계 기법을 잘 기억할 수 있어야 하고 그 기법이 직면한 문제를 해결하는 데 적합한지 판단하여 적용할 수 있어야 한다. 따라서 효과적인 알고리즘 학습이 되기 위해서는 알고리즘 설계 기법들을 단순히 익히는 것보다 이를 활용하여 문제를 효율적이고 효과적으로 해결할 수 있는 능력을 길러주는 것이 중요하므로 알고리즘 교육 방법 또한 개선되어야 한다. 본 연구에서는 컴퓨터 과학 분야의 영재로 선발된 정보 영재 학생들의 알고리즘 학습을 위하여 퍼즐을 도입하고 학습 효과를 검증하였다.

연구 결과, 퍼즐 기반 알고리즘 학습 방법을 도입한 집단의 학습이 통제 집단의 학생들에 비해 유의하게 향상이 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구에서 활용되었던 퍼즐 기반 알고리즘 학습이 정보 영재의 알고리즘 학습에 효과적이라는 것을 의미한다. 이러한 결과는 퍼즐이 갖는 흥미, 전이력, 다양한 문제 상황 제공 등의 특징이 학습자가 알고리즘 학습을 보다 흥미롭게 하고 알고리즘을 실제 문제 상황에 활용하는 능력을 기를 수 있도록 했기 때문인 것으로 판단된다.

단, 본 연구의 실험이 단기간에 집중적으로 이루어졌다는 점, 연구 대상의 수가 적다는 점, 주어진 시간 제약 상의 문제로 여러 가지 알고리즘 많이 다루지 못했다는 점은 연구 결과를 일반화하기에는 다소 어려움이 있다.

후후 본 연구의 개선점을 도출하여 개선된 퍼즐 기반 알고리즘 학습 방법을 설계하고 연구 대상의 수와 수업 시간 등을 충분히 확보한 후 학습자의 알고리즘 학습 향상에 미치는 영향을 보다 면밀히 분석한다면 본 학습 방법의 일반화가 가능할 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] O. W. Park, "Top talent management and organizational performance - Investigating the moderating effect of firm size and employee participation practices," *Korea Journal of Business Administration*, Vol. 26, No.2, pp. 389-409, 2013.
- [2] H. S. Jeon, K. M. Kim, and S. S. Kim, "The effect of unplugged algorithm learning on gifted and talented student's academic achievement," *Korean Journal of Teacher Education*, Vol. 28, No. 1, pp. 111-127.
- [3] S. A. Barab, J. MaKinster, and R. Scheckler, "Designing system dualities: Characterizing a web-supported teacher professional development community," *Information Society*, Vol. 19, No. 3, pp. 237-256, 2003.
- [4] Y. M. Seo, and Y. J. Lee, "Subject integration robot Programming instruction model to enhance the creativity of information gifted students," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 13, No. 1, pp. 19-26, 2010.
- [5] H. G. Cho, "International Olympiad in Informatics visiting," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineer*, Vol. 19, No. 11, 2001.
- [6] J. H. Jang, "Olympiad in Informatics and informatics education," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineer*, Vol. 25, No. 7, 2007.
- [7] N. Falkner, R. Sooriamurthi, & Z. Michalewicz, "Puzzle-based learning for engineering and computer science," *IEEE Computer*, Vol. 43, No. 4, pp. 20-28, 2010.
- [8] K. E. Merrick, "An empirical evaluation of puzzle-based learning as an interest approach for teaching introductory computer science," *Education, IEEE Transactions on*, Vol. 53, No. 4, pp. 677-680, 2010.
- [9] B. Parhami, "Motivating computer engineering freshmen through mathematical and logical puzzles," *Education, IEEE Transactions on*, Vol. 52, No. 3, pp. 360-364, 2008.
- [10] B. Parhami, "Puzzling problems in computer engineering," *IEEE Computer*, Vol. 42, No. 3, pp. 26-29, 2009.
- [11] J. W. Choi, E. K. Lee, and Y. J. Lee, "Studying

the possibility of puzzle based learning for informatics gifted elementary student education.” The Journal of Korean Association of Computer Education, Vol. 16, No., 5, pp. 9-16, 2013.

- [12] E. K. Lee, J. W. Choi, and Y. J. Lee. “The analysis of informatics gifted elementary students’ computational problem solving approaches in puzzle-based learning.”, The Journal of Korean Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 1, pp. 191-201, 2014.
- [13] G. S. Moon, “Research on computer algorithms education for developing creativity of informatics gifted students at elementary schools,” Journal of Elementary Education, Vol. 24, No. 1, pp.187-202, 2008.
- [14] E. K. Lee, “A robot programming teaching and learning model to enhance computational thinking ability,” doctoral dissertation, Korea National University of Education, 2009.
- [15] Partnership for 21st century skills, <http://www.p21.org/overview/skills-framework>
- [16] H. O. Heo, “21st century teaching-learning activity development series for supporting future schools 1. 21st century learners and teachers competency modeling, research report 2011-2” Korea Education Research Information Service, 2011.

저 자 소 개



최 정 원

2003: 충북대학교
컴퓨터과학과 이학사.
2012: 한국교원대학교
컴퓨터교육과 교육학석사.
2015: 한국교원대학교
컴퓨터교육과 교육학박사.
현 재: 석정중학교 교사
관심분야: 정보영재교육, 학습과학,
융합교육
Email : cjw0829@daum.net



이 영 준

1988: 고려대학교
전산과학과 이학사.
1994: 미국 미네소타대학교
전산학 Ph.D.
현 재: 한국교원대학교
컴퓨터교육과 교수.
관심분야: 정보통신교육,
지능형시스템, 학습과학
Email : yjlee@knue.ac.kr