

알고리즘 설계와 분석에 관한 고등학교 학습자 오개념 분석

이 은 경(한국교원대학교 박사과정)

이 영 준(한국교원대학교 교수)

《요약》

알고리즘 교육은 컴퓨터 과학 교육의 핵심 분야로, 알고리즘을 설계하고 분석하는 방법을 학습하는 것은 컴퓨터 과학의 기본원리 습득뿐 아니라, 고차원적인 문제해결력 향상을 위한 필수적인 교육과정이다. 그러나 알고리즘과 관련된 교육내용은 중·고등학교 학생들뿐 아니라 교사들에게도 상당히 어려운 영역이라고 할 수 있으며, 이러한 알고리즘 영역을 더 쉽고 효과적으로 가르치기 위한 교수·학습 방법에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 알고리즘 설계와 분석에 관한 고등학교 학습자들의 개념 이해도와 오개념 유형을 분석하였다. 연구결과, 학습자들의 알고리즘과 관련된 과학적 개념 이해도는 낮은 수준으로 나타났으며, 뚜렷한 오개념의 유형들을 발견하였다. 본 연구를 통해 제시된 알고리즘 영역과 관련된 오개념 유형들은 향후 시행될 새로운 교육과정의 알고리즘 영역 학습을 위한 교수·학습 전략 및 도구 개발 연구의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

주제어 : 컴퓨터 과학 교육, 알고리즘 교육, 오개념, 선행개념, 개념 변화

I. 서론

컴퓨터 교육은 크게 컴퓨터 소양 교육, 컴퓨터 활용 교육, 컴퓨터 과학 교육의 세 분야로 나눌 수 있다. 2007년 2월 새롭게 고시된 교육과정에서는 ‘컴퓨터’ 교과와 교과명을 ‘정보(Informatics)’로 수정하고 컴퓨터 과학 교육 중심의 교육과정으로 그 내용을 대폭 수정하였다. 이는 현행 교육과정인 제7차 교육과정이 컴퓨터 과학의 기본 개념이나 원리 습득 없이 단순기능 위주의 컴퓨터 활용 중심으로 운영됨에 따른 문제점들을 해결하기 위한 방안이라고 볼 수 있다. 현행 컴퓨터 활용 중심의 컴퓨터 교육과정 운영은 단순한 응용 프로그램의

사용법 습득에 치중함으로써 컴퓨터 과학의 개념적 습득뿐 아니라 이러한 기본원리를 바탕으로 한 컴퓨팅 기술의 실제적인 활용 교육 또한 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

새로운 ‘정보’ 교육과정은 컴퓨터 활용을 위한 실습내용과 더불어 컴퓨터 과학의 기본 원리 습득을 위한 개념적 내용을 강화하였고, 알고리즘 설계 및 분석 등의 내용을 포함한 ‘문제해결 방법과 절차’ 영역을 새롭게 도입하였다. 이를 통해 창의적인 문제해결력 함양과 지식기반 사회가 바라는 바람직한 인재로서의 기본자질 육성을 강조하고 있다.

문제해결을 위한 효율적인 알고리즘을 설계하고 분석하는 과정은 컴퓨터 과학에서 가장 중요한 영역 중 하나로 좋은 알고리즘의 설계는 모든 컴퓨터 과학 연구의 본질이라고 할 수 있다. 이러한 알고리즘에 대한 학습은 학습자들에게 특정 프로그래밍 언어나 컴퓨터의 다른 기술과는 독립적으로 작용하는 문제 해결 과정에 대한 통찰력을 길러줄 수 있다. 그러나 이러한 알고리즘과 관련된 교육내용은 중·고등학교 학습자들에게 상당히 어려운 주제라고 할 수 있다. 따라서 새로운 교육과정 시행에 앞서 현재 중·고등학교 학습자들이 어떤 내용을 어려워하는지, 왜 어려워하는지 분석하고 분석된 자료를 통해 이러한 원인을 극복하기 위한 새로운 교수·학습 방법과 전략에 관한 연구가 필요하다.

수학과 과학 교육에서는 이러한 목적을 위해 학습자들의 오개념을 분석하고 극복하기 위한 연구들이 중요하게 다루어져왔다. 수학과 과학에 대한 학생들의 오개념 연구는 지난 30년 동안 꾸준히 이루어져 왔으며, 그러한 연구들은 과학적 문제에 대한 학생들의 개념이 자주 과학적 사고와 일치하지 않는다는 것을 보여주었다. 즉 학습자들은 과학적 개념에 대한 다양한 형태의 오개념들을 가지고 있으며, 이러한 오개념을 과학적 개념으로 전환하는 개념 변화의 과정을 거쳐야만 학습이 이루어진다. 그러나 이러한 개념 변화의 과정은 단지 학습자들이 어려워하는 내용을 반복하여 가르치거나 강조하는 과정을 통해서 쉽게 이루어지지 않으며 새로운 형태의 교수·학습 전략이 요구된다. 학습자들이 지니고 있는 오개념을 파악하는 것은, 새로운 교수·학습 전략을 연구하기 전에 반드시 이루어져야 할 중요한 과정이라고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 새로운 ‘정보’ 교육과정의 핵심영역인 알고리즘 설계와 분석에 관한 고등학교 학생들의 개념 이해도를 분석하고, 가장 빈번하게 나타나는 오개념의 유형을 파악함으로써 체계적인 알고리즘 교육을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구배경

1. 컴퓨터 과학 교육을 위한 알고리즘 교육과정

알고리즘 교육은 컴퓨터 과학 교육의 핵심 분야로 알고리즘을 개발하고 표현하는 방법을 학습하는 것은 컴퓨터 과학의 기본원리 습득뿐 아니라, 학습자의 창의성, 문제해결력, 논리적 사고력과 같은 고등정신능력을 신장시키기 위한 필수 교육과정이다. 그러나 국내의 현행 초·중등학교 컴퓨터 관련 교육은 컴퓨터 과학 교육이 아닌 응용 소프트웨어의 단순 기능 습득 위주의 교육이 이루어져 왔으며(김경훈, 2006; 박정호·이재운·이태욱, 2006; 신수범·이태욱, 2005; 신은미·김현철, 2002), 컴퓨터 과학의 핵심영역인 알고리즘에 관한 교육은 배제되어 왔다. 일부 과학계 고등학교와 전문계 고등학교의 경우, 프로그래밍 교육이 이루어지고 있지만 이는 문제해결을 위한 과정인 알고리즘을 설계하고 개발하는 과정보다 특정 프로그래밍 언어를 사용하기 위한 문법 위주의 교육내용과 암기 및 단순 문법 확인을 위한 실습 중심의 교육형태로 이루어져 왔다(배영권, 2006; 유인환, 2005; 한건우·이은경·이영준, 2006).

이러한 문제점을 극복하기 위한 방안으로 2005년 ‘정보통신기술운영지침’ 개정안이 고시되었고, 2007년 2월 새롭게 고시된 ‘정보’ 교육과정은 컴퓨터 교과와 교과명을 ‘정보’로 변경하고 교육내용으로 컴퓨터 과학의 기초개념 습득을 위한 이론적 내용과 컴퓨팅 기술의 실천을 위한 실습내용을 종합적으로 제시하였으며, 내용체계의 핵심영역으로 문제해결력 신장을 위한 알고리즘 교육이 중점적으로 제시되었다(교육인적자원부, 2005; 교육인적자원부, 2007).

고등학교와 중학교 ‘정보’ 교육과정에 제시된 ‘문제 해결 방법과 절차’ 영역의 세부적인 내용 구성은 다음 <표 1>, <표 2>와 같다. 내용체계를 살펴보면 교육과정의 체계성과 연계성 확보를 위해 고등학교 교육과정의 경우 중학교 교육과정의 내용영역의 선행학습을 전제로 구성되어 있음을 알 수 있다.

<표 1> 고등학교 ‘정보’ 교육과정의 ‘문제 해결 방법과 절차’ 영역

영역		내용요소
문제 해결 방법과 절차	문제 해결 전략	<ul style="list-style-type: none"> 문제의 구조화 문제 해결 전략의 비교
	구조적 프로그래밍	<ul style="list-style-type: none"> 제어문의 활용 함수의 활용
	객체 지향 프로그래밍	<ul style="list-style-type: none"> 객체 지향의 개념 객체 지향 문제 분석 및 설계

〈표 2〉 중학교 ‘정보’ 교육과정의 ‘문제 해결 방법과 절차’ 영역

영역	내용 요소		
	1단계	2단계	3단계
문제 해결 방법과 절차	<ul style="list-style-type: none"> • 문제와 문제 해결 과정 <ul style="list-style-type: none"> – 문제의 분석과 표현 – 문제 해결 과정 • 프로그래밍의 기초 <ul style="list-style-type: none"> – 변수의 개념과 활용 – 자료의 입력과 출력 – 제어문의 이해 	<ul style="list-style-type: none"> • 알고리즘의 개요 <ul style="list-style-type: none"> – 알고리즘의 이해 – 알고리즘의 표현 • 알고리즘의 실제 <ul style="list-style-type: none"> – 알고리즘의 설계 – 알고리즘의 분석 – 알고리즘의 구현 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료의 정렬 <ul style="list-style-type: none"> – 자료의 정렬 방법 – 정렬 알고리즘의 구현 • 자료의 탐색 <ul style="list-style-type: none"> – 자료의 탐색 방법 – 탐색 알고리즘의 구현

알고리즘이란 잘 정의된 계산문제를 풀기 위한 도구나 방법을 지칭하는 개념으로, 여기에서 잘 정의된 계산문제란, 알고리즘이라는 방법을 이용하여 계산되거나 해결될 수 있는 입력과 출력이 명확한 문제를 말한다. 즉 알고리즘이란, 명확하게 정의되어 제시된 문제를 해결하는 방법을 의미한다.

주어진 문제에 대한 알고리즘을 설계하고 분석하며 적용하는 과정은 다양하고 복잡한 절차를 통하여 문제를 해결하는 과정이며 여기에서 알고리즘적 사고로의 개념 변화의 과정이 필요하지만, 즉흥적이거나 체계적이지 못한 알고리즘적 사고를 지닌 학생들은 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 찾지 못하거나, 설령 그 문제를 해결하였다 할지라도 또 다른 문제의 접근과 해결에 어려움을 겪게 된다. 따라서 이러한 알고리즘과 관련된 교육내용은 중·고등학교 학생들뿐 아니라 교사들에게도 상당히 어려운 주제라고 할 수 있으며, 문제 해결을 위한 직관적이고 경험적인 절차에서 벗어나 알고리즘적 사고로의 개념 변화를 유도하기 위한 새로운 교수·학습 방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서는 수학과 과학 교과에서의 개념 변화 연구에서 주로 이루어져왔던 오개념 연구의 공헌점을 인식하고 현재 고등학교 학생들을 대상으로 알고리즘과 관련하여 어떤 오개념을 갖고 있는지 분석하고자 한다. 이러한 연구는 학생의 개념적 상태를 교사들에게 알려줌으로써 학생들이 왜 어려워하고 무엇이 문제인지, 어떤 오개념을 수정해야 하는지에 대한 정보를 알려준다는 점에서 매우 중요하며 새로운 교육과정 시행에 앞서 선행될 필요가 있다.

2. 알고리즘 교육을 위한 오개념(misconceptions) 연구

오개념(misconceptions)이란 일반적으로 허용되는 과학적 개념에 대한 모순된 개념이나 원칙으로 수업 이전에 일상생활에서의 학생 자신의 경험과 직관에 의해 형성된 선행개념(preconceptions)을 의미한다(Modell et al., 2005).

이러한 학생들의 개념에 관한 연구는 1970년대 중반부터 수학과 과학 분야를 중심으로 활발히 진행되어 왔으며, 그러한 연구들은 과학적 문제에 대한 학생들의 선행개념이 자주 허용된 과학적 사고와 일치하지 않는다는 것을 보여주었다(Eylon & Lynn, 1988; Perkins & Simmons, 1988; Stavy & Tirosh, 1996a, 1996b).

학생들은 과학이나 수학에 관한 수업을 받기 이전부터 일상생활에서의 경험을 통해 현상에 대한 나름대로의 개념(conception)을 형성하며, 이미 형성된 개념들을 바탕으로 다른 개념을 획득하게 된다. 이렇게 일상생활에서 형성된 학생들의 선행개념은 과학적 개념과 일치하지 않는 경우가 많으며, 선행개념은 수업에 의해 과학적 개념으로 변화되기보다 오히려 강화되거나, 독립된 형태로 존재하기도 한다(Gilbert et al., 1982). 수학이나 과학 분야의 많은 교육자들은 이러한 학생의 오개념을 어떻게 과학적 개념으로 변화시킬 것인가에 관하여 오랫동안 관심을 가지고 연구해왔다. 구성주의적 관점에서 학생들의 오개념은 비록 과학적으로 타당하지 않더라도 상당히 오랫동안 지속되며, 학습에 의해 쉽게 과학적 개념으로 완전히 변화되지 않는다(Gilbert & Swift, 1985; Kang et al., 2004). 따라서 학생들의 개인적 믿음인 오개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위해서는 학생들이 가진 오개념을 확인할 필요가 있으며, 이러한 과정은 학생의 개념적 상태를 교사에게 알려준다는 점에서 매우 중요하다. 실제로 수학과 과학 분야에서는 이러한 학생들의 오개념을 확인하고 목록화하여 편람으로 제시하고 있다. 수학과 과학 분야의 활발한 오개념 연구와 비교해 볼 때, 컴퓨터 과학 분야에서의 오개념 연구는 미비한 실정이며, 주로 프로그래밍 언어와 관련된 연구에 치중하고 있다(Du Boulay, 1986; Saj-Nicole & Soloway, 1986; Stemler, 1989).

컴퓨터 과학 중심의 새로운 교육과정 시행을 앞둔 시점에서, 컴퓨터 과학에서 가장 중요하지만 어려운 영역인 알고리즘 설계와 분석과 관련하여 학생들이 가지고 있는 오개념을 확인하고 교정하기 위한 연구는, 컴퓨터 과학 교육의 활성화와 과거 프로그래밍 중심 교육과정과 컴퓨터 활용 중심 교육과정의 실패를 반복하지 않기 위해 반드시 필요할 것이다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에서는 경기도에 위치한 일반계 고등학교 2학년 학생들과 과학계 고등학교 1학년 학생들, 서울특별시에 위치한 전문계 고등학교 2학년 학생들을 임의로 선정하여 알고리즘과 관련된 오개념 조사를 실시하였다. 구체적인 연구대상의 구성비율은 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 연구대상 집단과 사례 수

	1학년		2학년		계
	남	여	남	여	
일반계	-	-	10	17	27
과학계	33	7	-	-	40
전문계	-	-	12	1	13
계	33	7	22	18	80

2. 연구도구 및 방법

가. 연구도구

본 연구에서 알고리즘 설계와 분석에 관한 고등학교 학생들의 오개념 측정에 사용한 도구는 2003년 OECD가 실시한 학업성취도 국제비교조사(PISA)의 문제 해결(Problem Solving) 영역 문항들을 토대로 본 연구자가 자체 제작하였다. 문항 제작은 2007년 개정된 중·고등학교 ‘정보’ 교육과정의 알고리즘 설계와 분석에 관한 주요개념 중 오개념 검사를 위해 적합한 내용으로 선정하였으며, 총 40개의 예비문항을 제작하였다. 제작된 예비문항들이 알고리즘과 관련된 오개념을 잘 드러낼 수 있는가를 살펴보기 위해 교육 전문가 10명에게 검토를 받았으며, 2차적으로 컴퓨터 관련학과 전공 대학생들을 대상으로 예비검사를 실시하여 검사결과 학생들의 오개념을 잘 드러내는 최종 10문항이 선정되었다. 검사도구의 형태는 문항에 대한 답을 제시한 후 그렇게 생각한 이유를 진술하는 방식으로 구성하였다.

나. 연구방법

본 연구의 최종 문항 분석은 알고리즘 설계와 분석과정에서 알고리즘의 정확성과 효율성에 대한 학생들의 오개념을 확인하게 드러낸 4문항을 분석대상으로 하였으며, 학생들의 개념 이해도와 오개념 유형 분석을 위해, 문항별 빈도분석을 실시하여 과학적 개념 형성의 정도 및 오개념의 종류, 최빈 오개념을 조사하였다.

여기서 과학적 개념은 알고리즘의 효율성과 정확성의 관점에서 일반적으로 허용되는 개념을 의미하며, 어떤 문제가 주어졌을 경우, 그것을 해결하기 위한 다양한 알고리즘을 비교한 뒤 반드시 해결 가능한 전략, 일반화 가능한 전략을 선택하고, 공간과 시간적 관점에서 최적의 것을 선택하는 것을 의미한다. 공간 효율성은 사용된 자료구조의 수나 크기, 또는 포함된 변수의 수와 같은 요소들에 의해 측정되며, 시간 효율성은 다양한 방법으로 측정될 수 있지만, 문제해결을 위한 수행단계의 수를 계산하는 보편적인 방법으로 측정될 수 있다.

답을 선택한 이유에 대한 설명은 이러한 알고리즘적 개념 이해의 정도를 파악하는 데 활용하였으며 완전한 이해, 불완전한 이해, 틀린 이해, 무응답의 4단계로 분류하였다. 이러한 개념 분류 틀은 권성기 외(2007)의 물리 오개념 비교연구에서 사용한 연구방법과 유사하게 구성하였으며, 구체적인 내용은 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 개념 이해 분류기준

이해 정도	분류기준
완전한 이해	답과 설명이 모두 바른 경우
불완전한 이해	답은 바르나 설명이 과학적 개념이 아닌 경우 답은 틀렸으나 설명이 과학적 개념인 경우
틀린 이해	답이 틀렸으며 설명도 과학적 개념이 아닌 경우
무응답	답과 설명 모두에 응답하지 않은 경우 답은 바르나 설명이 제시되지 않은 경우

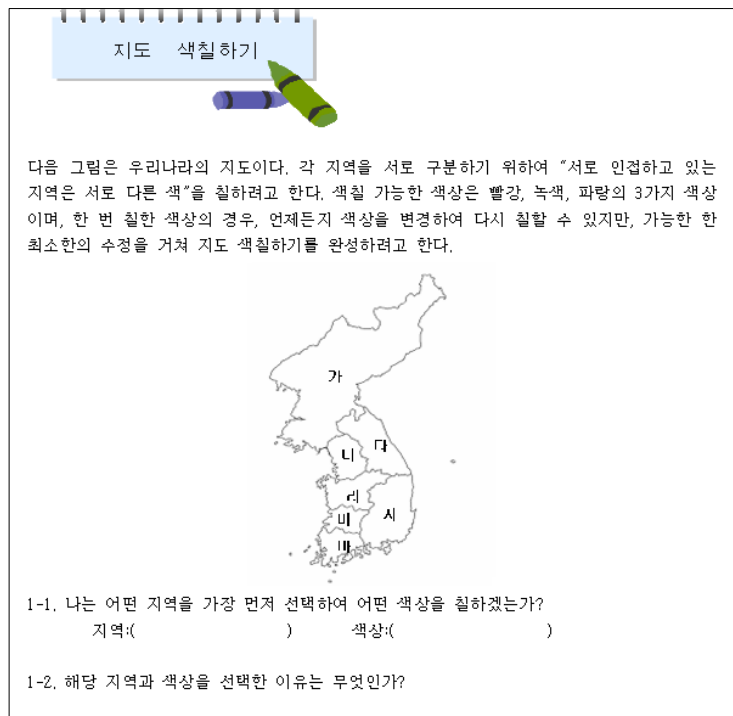
완전한 이해와 불완전한 이해 중 제시한 답은 틀렸으나 설명이 타당한 경우 과학적 개념을 지니고 있는 것으로 판단하여 정답으로 인정하고, 틀린 이해와 불완전한 이해 중 제시한 답은 맞았지만 설명이 틀린 경우를 잘못된 과학적 개념을 지니고 있는 것으로 판단하여 오답으로 처리하였다.

IV. 결과 및 논의

1. 알고리즘 설계에 관한 오개념 분석

가. 발견적 탐색 문제

이 문항은 대표적인 발견적 탐색 방법에 의해 해결 가능한 ‘지도 색칠하기’에 관한 문제로 구체적인 문항은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 발견적 탐색 문제

이는 제약조건 만족 문제를 해결하기 위한 과정에서의 학생들의 오개념을 측정하기 위한 문항으로 정답은 ‘가장 인접지역이 많은 지역’을 먼저 선택하는 것이다. 전체 80명의 응답자 중 35명(44%)의 학생들이 정답을 제시하였으며, 45명(56%)의 학생들이 오답을 제시하였다(〈표 5〉 참조).

〈표 5〉 발견적 탐색 문제 학습자 개념 이해도 분석

	빈도(명)	백분율(%)
과학적 개념(정답)	35	44
오개념(오답)	45	56
전체	80	100

발견적 탐색 문제에 있어서 학생들이 지니고 있는 오개념 유형 분석을 위해 오답을 제시한 학생들의 응답 유형을 분석한 결과는 다음 〈표 6〉과 같다.

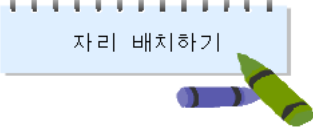
〈표 6〉 발견적 탐색 문제 학습자 오개념 분석

오답 유형	빈도(명)	백분율(%)
첫 번째 지역	10	22
가운데 지역	8	18
가장 큰 지역	3	7
기타(직관적)	24	53
전체	45	100

가장 많은 오개념의 유형은 제약조건을 정확하게 인지하지 못하고 문제와 상관없는 자신의 경험과 직관에 따라 답을 선택한 것으로써 상당히 높은 비율(53%)로 나타났다. 예로, ‘자신이 살고 있는 지역이기 때문’이나 ‘수도권과 같은 핵심 지역이기 때문’이라는 응답을 들 수 있다. 다음으로 많은 오개념의 유형은 ‘가장 첫 번째 지역(22%)을 선택한다’와 ‘가장 가운데에 위치한 지역(18%)을 선택한다’는 것으로 이는 문제를 해결하기 위한 전략인 알고리즘을 적용하는 데 있어서 문제에서 제시된 제약조건 검토에 따라 알고리즘의 효율성이 달라질 것이라는 생각보다 ‘어디서부터 시작하더라도 알고리즘의 수행 시간은 동일하다’라는 오개념에서 기인한 결과라고 볼 수 있다. 이는 Stavy & Tirosh(1996a, 1996b)의 연구에서 드러난 오개념 규칙인 ‘A가 같으면, B도 같다(same A, same B)’와 일치한다고 볼 수 있다. 즉 색을 칠해야 하는 지역을 변수로 설정하였을 때, 변수의 수가 같다면, 어떤 변수부터 선택하더라도 문제해결에 걸리는 시간은 동일하다고 생각하는 것으로 해석할 수 있다.

나. 검색 문제

이 문항은 정렬된 데이터에서 원하는 데이터를 찾고자 하는 경우 가장 효율적인 알고리즘을 찾는 문제로 구체적인 문항은 〈그림 2〉와 같다.



자리 배치하기

2-1. 새로운 자리 배정이 성공적으로 완료되었으며, 자리 배치표는 다음과 같다.

번호	키(cm)
2	137
8	140
5	147
1	150
4	155
6	160
3	161
9	163
7	169
10	170

새로운 학생이 전입되어 왔을 경우, 적절한 위치에 배치하려 한다. 가장 최소의 비교 과정을 통해 자리를 배치하고자 할 경우 수행 순서를 구체적으로 기술하시오.

[그림 2] 검색 문제

이 문항은 검색 과정에서의 학습자 오개념을 측정하기 위한 문항으로 ‘이진검색 알고리즘’과 관련된 개념을 가장 효율적인 검색 알고리즘으로 선택하여야 한다. 전체 80명의 응답자 중 40명(52%)의 학생들이 정답을 제시하였으며, 40명(50%)의 학생들이 오답을 제시하였다(〈표 7〉 참조).

〈표 7〉 검색 문제 학습자 개념 이해도 분석

	빈도(명)	백분율(%)
과학적 개념(정답)	40	50
오개념(오답)	40	50
전체	80	100

학생들이 지니고 있는 오개념 분석을 위해 오답을 제시한 학생들의 응답 유형을 분석한 결과는 다음 〈표 8〉과 같다.

〈표 8〉 검색 문제 학습자 오개념 분석

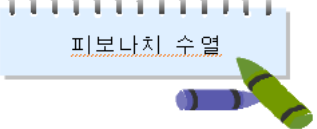
오개념 유형	빈도(명)	백분율(%)
순차 검색	18	45
순차 검색 변형	18	45
기타	4	10
전체	40	100

첫번째 오개념의 유형은 ‘처음이나 마지막 자료를 기준으로 차례대로 비교해 나가는 것이 가장 효율적이다(45%)’라는 것으로, 이는 문제를 해결하기 위한 전략인 알고리즘을 적용하는데 있어서 문제에서 제시된 제약조건 검토에 따라 알고리즘의 효율성이 달라질 것이라는 생각보다 ‘어디서부터 시작하더라도 비교를 위해 제시된 자료의 개수에 따라 알고리즘의 수행 시간을 동일하다’라는 오개념에서 기인하는 결과라고 볼 수 있다. 즉, ‘검색할 데이터의 수가 같으면 효율성이 같다’라고 생각하는 것이다. 두 번째 오개념의 유형은 ‘처음은 정렬된 데이터의 가장 가운데 값과 비교하여 더 작으면 기준 데이터의 앞부분을, 더 크면 기준 데이터의 뒷부분을 순차적으로 검색한다(45%)’는 것으로, 정렬된 데이터의 중간 값을 취함으로써 검색을 위해 비교해야 하는 자료의 수를 양분함에 의해 알고리즘 효율성이 달라진다고 생각하지만, ‘이러한 과정의 반복을 통해 알고리즘 효율성을 더욱 증진시킬 수 있을 것이다’라는 생각으로 전환하지 못하는 것에서 기인하는 결과라고 볼 수 있다. 이 또한, ‘검색할 데이터의 수가 같으면 효율성은 같다’라는 오개념에서 완전히 벗어나지 못함으로 인한 결과로 해석할 수 있다.

2. 알고리즘 분석에 관한 오개념 분석

가. 재귀 문제

대표적인 재귀적 탐색 방법에 의해 해결 가능한 피보나치 수열에 관한 문제로 구체적인 문항은 [그림 3]과 같다.



피보나치 수열

피보나치(Fibonacci) 수열이란, 이탈리아의 유명한 수학자 레오나르도 피사노(피보나치는 그의 별명)가 발견한 함수로 다음과 같이 정의된다.

$$F(n) = F(n-1) + F(n-2)$$

(단, 자연수 $n > 2$ and $F(1), F(2)=1$)

다음은 이러한 피보나치 수열을 출력하기 위한 알고리즘인 $F(n)$ 함수를 표현한 것이다.

F(n)

시작

$n=1$ 이거나 $n=2$ 인가?

참이면, $F(n)$ 에 1을 넣고, $F(n)$ 을 출력한다.

거짓이면, $F(n)$ 에 $F(n-1) + F(n-2)$ 를 넣고, $F(n)$ 을 출력한다.

끝

1-1. $F(5)$ 의 값을 출력하기 위해, $F(n)$ 함수는 총 몇 번 수행되는가?

1-2. $F(5)$ 를 수행하였을 때, 출력되는 숫자들을 차례로 나열하시오.

[그림 3] 재귀 문제

이 문항은 피보나치 수열 문제를 재귀적으로 해결하기 위한 과정에서의 학습자 오개념을 측정하기 위한 문항으로 $F(5)$ 의 값을 출력하기 위해 ‘9번’의 재귀적 수행이 필요함을 선택하여야 한다. 전체 80명의 응답자 중 단 7명(9%)의 학생들이 정답을 제시하였으며, 73명(91%)의 학생들이 오답을 제시하였다(<표 9> 참조).

<표 9> 재귀 문제 학습자 개념 이해도 분석

	빈도(명)	백분율(%)
과학적 개념(정답)	7	9
오개념(오답)	73	91
전체	80	100

학생들이 지니고 있는 오개념 분석을 위해 오답을 제시한 학생들의 응답 유형을 분석한 결과는 다음 <표 10>과 같다.

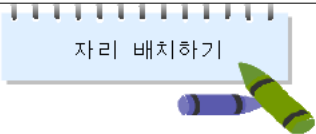
〈표 10〉 재귀 문제 학습자 오개념 분석

오답 유형	빈도(명)	백분율(%)
3번 수행	14	19
4번 수행	19	26
5번 수행	26	36
기타	14	19
전체	73	100

가장 많은 오개념의 유형은 ‘5번 수행(36%)’으로 재귀 개념을 순차적 반복 개념으로 잘못 이해하고 있음을 알 수 있다. 즉 $F(5)$ 를 수행하기 위해 $F(1)$, $F(2)$, $F(3)$, $F(4)$, $F(5)$ 를 순차적 수행을 통해 계산할 수 있다고 생각하는 것이다. 두 번째로 높은 비율로 드러난 오개념의 유형은 ‘4번 수행(26%)’으로, 최초 호출함수인 $F(5)$ 의 경우 수행 횟수에서 제외함으로 인한 오류로 볼 수 있다. 즉 $F(5)=F(4)+F(3)+F(2)+F(1)$ 에 의해 수행되므로, $F(1)$ 부터 $F(4)$ 까지 $F(n)$ 이 4번 호출되어 수행되면 결과를 얻을 수 있다고 생각하는 것이다. 따라서 실제적으로 ‘재귀 개념을 순차적 반복 개념으로 잘못 이해’하고 있는 비율은 ‘4번 수행’ 오개념 비율과 ‘5번 수행’ 오개념 비율을 합한 62%로 볼 수 있을 것이다. ‘3번 수행(19%)’의 경우, $F(5)=F(4)+F(3)$ 라는 공식에 따라 $F(3)$, $F(4)$, $F(5)$ 가 3번 수행된다고 생각하는 것으로 나타났다. 재귀 문제의 경우, 다른 문제에 비해 학습자들이 지니고 있는 오개념의 비율이 상당히 높게 나타나는 것으로 확인되었으며, 이는 재귀 개념 습득의 과정이 매우 어렵고 기존의 수학이나 프로그래밍 학습에 의해 과학적 개념으로 변화되지 못했음을 의미한다. 따라서 재귀와 관련된 이러한 오개념 형성의 원인분석과 이를 극복하기 위한 교수·학습 전략의 모색이 필요할 것이다.

나. 정렬 문제

대표적인 정렬 방법을 제시하고 가장 효율적인 정렬 방법을 찾는 문제로 구체적인 문항은 [그림 4]와 같다.



자리 배치하기

우리 학급의 총 학생 수는 10명이며 현재의 자리 배치는 번호 순서대로 지정되어 있으며, 자리 배치도는 다음과 같다.

번호	키(cm)
1	150
2	137
3	161
4	155
5	147
6	160
7	169
8	140
9	163
10	170

새로운 자리 배정을 위해 키가 작은 학생부터 큰 학생순으로 앞에서부터 자리 배치를 하고자 한다.

1-1. 이 학생들을 가장 빠른 시간 안에 키 순서대로 줄을 세우고자 할 경우 다음 방법들 중 어떤 방법을 택하는 것이 가장 효율적일까?(단, 소요되는 시간은 학생들의 키를 비교하는 시간만 고려하며, 자리를 이동하는 데 걸리는 시간은 고려하지 않는다.)

① 10명의 학생 중 가장 키가 작은 학생을 찾은 후, 가장 첫번째 위치에 앉아 있는 학생과 자리를 교환하게 한다. → 첫번째 자리에 앉아 있는 학생을 제외하고 나머지 9명의 학생 중 가장 키가 작은 학생을 찾은 후, 두 번째 자리에 앉아 있는 학생과 자리를 교환하게 한다. → 이러한 절차를 계속 반복해 나간다.

② 첫 번째 학생부터 차례대로 옆 자리의 학생과 키를 비교하여, 순서대로 되어 있지 않으면 자리를 바꾼다. → 가장 마지막에 앉은 학생을 제외하고 나머지 학생들을 대상으로 이러한 과정을 반복한다. → 이러한 절차를 계속 반복해 나간다.

③ 두 번째 자리에 앉아 있는 학생과 첫번째 자리에 앉아 있는 학생의 키를 비교하여 차례대로 앉힌다. → 세번째 자리에 앉아 있는 학생을 첫번째, 두번째 자리에 차례대로 앉아 있는 학생과 차례대로 비교하여 적절한 위치에 삽입하여 모든 3명의 학생을 순서대로 앉힌다. → 이러한 절차를 계속 반복해 나간다.

④ 가장 마지막 번호 학생을 기준으로 삼고, 모든 학생들과 비교하여, 기준 학생보다 작은 학생들은 기준 학생보다 앞에, 기준 학생보다 큰 학생들은 기준 학생보다 뒤에 앉힌다. 기준 학생을 통해 구분된 2 집단 각각에 대해 같은 과정 반복을 통해 자리를 배치한다.

1-2. 위 정답을 선택한 이유를 구체적으로 기술하시오.

〔그림 4〕 정렬 문제

이 문항은 다양한 정렬 알고리즘의 효율성 분석과정에서의 학습자 오개념을 측정하기 위한 문항으로 ‘퀵 정렬 알고리즘’과 관련된 개념을 가장 효율적인 알고리즘으로 선택하여야 한다. 전체 80명의 응답자 중 38명(47.5%)의 학생들이 정답을 제시하였으며, 42명(52.5%)의 학생들이 오답을 제시하였다(표 11) 참조).

〈표 11〉 정렬 문제 학습자 개념 이해도 분석

	빈도(명)	백분율(%)
과학적 개념(정답)	38	47.5
오개념(오답)	42	52.5
전체	80	100

학생들이 지니고 있는 오개념 분석을 위해 오답을 제시한 학생들의 응답 유형을 분석한 결과는 다음 〈표 12〉와 같다.

〈표 12〉 정렬 문제 학습자 오개념 분석

오답 유형	빈도(명)	백분율(%)
선택 정렬	17	41
버블 정렬	11	26
삽입 정렬	11	26
기타	3	7
전체	42	100

가장 많은 오답으로 ‘선택 정렬 방법(41%)’을 선택하였고, ‘버블 정렬 방법’과 ‘삽입 정렬 방법’을 같은 비율(26%)로 선택하였다. 답을 선택한 이유를 진술한 문장을 분석해보면, 많은 학습자들이 정렬 알고리즘 효율성을 판단할 때, 데이터의 비교 횟수를 고려하여 판단해야 함에도 불구하고, ‘첫 번째 학생부터 차례대로 비교하는 것이 가장 효율적이다’라고 생각하는 거나, ‘키가 가장 작은 학생부터 차례대로 비교하는 것이 가장 효율적이다’라고 생각하는 것으로 드러났다. 이는 발견적 탐색 문제나 순차 탐색 문제에서 드러난 오개념 유형 분석 결과와도 일치하는 것으로 볼 수 있으며, 단지 자신의 경험이나 직관에 의해 알고리즘 효율성을 판단하려 한다는 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 새로운 ‘정보’ 교육과정의 알고리즘 설계와 분석영역에 대한 고등학교 학습자들의 개념 이해도와 오개념 유형을 분석하였다. 연구결과, 알고리즘 설계와 분석에 관한 개념 이해도의 경우, 측정한 모든 문항에 대해 과학적 개념보다 오개념이 더 높은 빈도로 나타났으며, 이는 현행 교육과정이 학습자들의 알고리즘 영역에 대한 오개념 극복에 기여하

지 못했음을 의미한다. 또한 수학과 과학 분야에서의 많은 오개념 연구자들이 지적인 바와 마찬가지로, 컴퓨터 과학 영역에서도 오개념을 알고리즘적 사고인 과학적 개념으로 전환하기 위한 개념 변화의 과정은 매우 어려운 과정임을 알 수 있다.

또한 알고리즘 설계와 분석영역에서의 고등학교 학습자들의 오개념 유형들은 일관된 패턴을 드러냈으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 발견적 탐색 문제와 정렬 문제에서 드러났듯이, 많은 학생들은 제시된 조건을 활용함으로써 문제 해결의 단계를 축소할 수 있음을 인지하지 못하고, 무조건 순차적으로 수행함으로써 문제를 해결하고자 하였다. 즉, 지도 색칠하기 문제에서 색을 칠해야 할 공간의 개수나 정렬 문제에서 정렬해야 할 자료의 개수가 정해져 있다면, 어떤 순서와 방법을 선택하더라도 문제 해결을 위해 필요한 시간은 동일하다고 생각한다.

둘째, 재귀 문제의 경우, 과학적 개념보다 오개념을 지닌 학생들의 비율이 다른 문항에 비해 상대적으로 가장 높았으며, 뚜렷한 오개념의 유형을 드러냈다. 즉, 재귀 개념을 순차적 반복 개념으로 잘못 이해함으로 인한 오답의 비율이 대부분을 차지하였다.

셋째, 검색 문제의 경우, 발견적 탐색과 정렬 문제에서 드러난 오개념과 재귀 문제에서 드러난 오개념이 통합된 형태로 제시되었다. 즉, ‘검색을 위해 제시된 데이터의 특성이 정렬되어 있다’라는 사실을 검색을 위한 수행 시간 축소에 활용될 수 있음을 인식하지 못하고, ‘검색해야 할 데이터의 개수가 정해져 있다면, 검색을 위한 수행 시간은 동일하다’는 오개념을 드러냈다. 조금 더 나은 수준의 학습자들은 정렬된 데이터를 양분하여 검색해야 할 데이터의 개수를 절반으로 줄임으로 인해 검색 시간을 축소할 수 있다고 생각하였으나, 그러한 과정의 재귀적 반복을 통해 검색 시간을 더욱 축소할 수 있다는 사실을 인지하지 못하였다. 즉, ‘검색을 위해 제시된 데이터의 개수가 정해져 있으면 검색을 위해 동일한 시간이 필요할 것이다’라는 오개념과 재귀 개념을 단지 순차적 반복 개념으로 잘못 알고 있는 오개념이 종합적으로 작용한 결과라고 볼 수 있다.

본 연구를 통해 제시된 알고리즘 설계와 분석에서의 알고리즘 효율성과 정확성과 관련하여 학습자들이 드러낸 오개념의 유형들은, 이러한 오개념 형성의 원인을 분석하고 오개념을 알고리즘적 사고로 전환하기 위한 교수·학습 방법 개발에 관한 연구들을 위한 기초자료를 제공해 줄 수 있을 것이다.

연구결과를 바탕으로 알고리즘 영역에서의 오개념 극복을 위한 후속연구들을 위한 제언을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 어떤 문제 해결을 위한 최상의 알고리즘을 제시해 주고 이를 분석해 보게 하는 것이 아니라, 학생 스스로 동일한 문제에 대해 가능한 한 많은 종류의 해결책을 차례로 제시하고 이를 분석해 보게 하는 방법을 적용한다. 이는 Gal-Ezer & Zur(2004)에 의해 제시된 방법으로, 실제로 학습자들의 알고리즘 효율성의 개념을 내면화하는 데 효과적이었음을 보고하였다.

둘째, 알고리즘 표현에 있어서 일반적인 컴퓨터 프로그래밍 언어를 사용하기보다 실제적인(tangible) 경험을 제공할 수 있는 교육용 로봇이나 스퀴(Squeak), 스크래치(Scratch) 같은 교육용 프로그래밍 언어를 사용하여 학습자 스스로 고안한 다양한 알고리즘을 실제로 시연해보게 하는 방법들을 사용할 수 있을 것이다.

셋째, 향후 개정된 교육과정을 토대로 교과서를 개발할 경우, 활동을 촉진하는 요소들을 교과서의 추상적인 내용과 통합적으로 제시하여 추상적인 개념들을 좀 더 구체적인 예제들로 변형하기 위한 시도가 필요할 것이다.

넷째, 이러한 알고리즘 영역뿐 아니라 컴퓨터 과학 분야의 다양한 영역에서의 학습자 오개념 분석에 관한 연구 또한 체계적으로 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 교육인적자원부 (2005). **초·중등학교 정보통신기술교육 운영지침**.
- 교육인적자원부 (2007). **초·중등학교 교육과정**. 제2007-79호.
- 권성기, 김지은 (2007). 초등학교 과학영재와 일반학생의 물리 오개념 비교. **초등과학교육**, 25(5), 476-484.
- 김경훈 (2006). 중학교 알고리즘 교육내용의 위계 설정에 관한 연구. **컴퓨터교육학회논문지**, 9(5), 41-51.
- 박정호, 이재운, 이태욱 (2006). 컴퓨터과학 교육을 위한 중학교 컴퓨터교육과정 연구. **컴퓨터교육학회논문지**, 9(2), 37-45.
- 배영권 (2006). **창의적 문제해결력 신장을 위한 유비쿼터스 환경의 로봇프로그래밍 교육 모형**. 박사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- 신수범, 이태욱 (2005). 컴퓨터교과의 성격분석과 교육과정 구성전략. **컴퓨터교육학회논문지**, 8(3), 1-8.
- 신은미, 김현철 (2002). 일반계 고등학교에서의 컴퓨터 교과 교육과정에 대한 현황과 개선방향. **정보처리학회지**, 9(5), 26-34.
- 유인환 (2005). 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색. **교육과학연구**, 36(2), 109-128.
- 한건우, 이은경, 이영준 (2006). Pair Programming이 학업성취도와 학습동기전략에 미치는 영향. **컴퓨터교육학회논문지**, 9(6), 19-28.
- Du Boulay, B. (1986). Some difficulties of learning to program. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 57-73.
- Eylon, B., & Lynn, M. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58, 251-301.
- Gal-Ezer, J., & Zur, E. (2004). The efficiency of algorithms: misconceptions. *Computers & Education*, 42(3), 215-226.
- Gilbert, J. K., Osborne R., & Fensham P. (1982). Children's science and it's consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
- Gilbert, J. K., & Swift, D. J. (1985). Towards a lakatosian analysis of piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), 681-696.
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34(1), 71-96.

- Modell, H., Michael, J., & Wenderoth, M. P. (2005). Helping the learner to learn: The role of uncovering misconceptions. *The American Biology Teacher*, 67(1), 20-26.
- Perkins, D. N., & Simmons, R. (1988). Patterns of misunderstanding: an integrative model for science, math, and programming. *Review of Education Research*, 58, 303-326.
- Saj-Nicole, A. J., & Soloway, E. (1985). But my program runs! Discourse rules for novice programmers. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 95-125.
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1996a). Intuitive rules in science and mathematics: The case of 'more of A-more of B'. *International Journal of Science Education*, 18(6), 653-667.
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1996b). Intuitive rules in science and mathematics: The case of 'everything can be divided by two'. *International Journal of Science Education*, 18(6), 669-683.
- Stemler, L. (1989). Effects of instruction on the misconception about programming in BASIC. *Journal of Research on Computing in Education*, 26-33.

• 논문 접수 : 2007년 9월 1일 / 수정본 접수 : 2007년 10월 1일 / 게재 승인 : 2007년 10월 18일

ABSTRACT

Analysis of High School Students' Misconceptions on Algorithm Design and Analysis

EunKyoung Lee(Ph. D. Candidate, Korea National University of Education)

YoungJun Lee(Professor, Korea National University of Education)

Algorithms is one of the important fields in Computer Science education. The study of designing efficient algorithms and analysing algorithms will improve learner's problem solving ability. However, algorithmic concepts are difficult for teachers to teach as well as for high school students to learn. Teachers and education researchers, therefore, should systematically research teaching and learning strategies to teach algorithmic concepts effectively.

This paper analysed high school students' misconceptions on algorithm design and analysis. We discussed the results and provides some indication of the roots of students' misconceptions. We compared the students' understanding of the algorithmic concepts among three different kinds of high schools and recommend further researches.

Key Words : computer science education, algorithm education, misconceptions, preconceptions, conceptual change