

지적장애학생의 수학 문제해결 교수를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어 설계

남 윤 석[†] · 한 성 희^{**}

요 약

본 연구에서는 인지 능력이 부족한 지적장애학생들에게 수학 문제해결을 교수하기 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어 설계 방안을 제안한다. 제안하는 코스웨어에서는 지적장애학생들이 수학 문제해결 과정에서 겪는 어려움을 극복할 수 있도록 다양한 공학적 지원을 제공할 뿐만 아니라, 그러한 지원을 체계적으로 철회한다. 기존의 관련 소프트웨어들과 비교해 볼 때에, 이 코스웨어는 지적장애학생 개인의 필요에 알맞게 수학 교수전략을 적합화하고, 학습자의 독립적인 학습 능력을 신장시키며, 성공 경험을 통해 학습 동기를 높일 수 있다는 의의를 갖는다.

키워드 : 지적장애, 스캐폴딩, 코스웨어, 수학 문제해결, 멀티미디어 교육

Design of Courseware Based on Scaffolding for Teaching Math Word Problem Solving of Students with Intellectual Disabilities

Yun-Sug Nam[†] · Seong-Hee Han^{**}

ABSTRACT

This study proposes design of courseware based on scaffolding for teaching math word problem solving of students with intellectual disabilities. This courseware not only offer various technological supports to solving difficult problems of students with intellectual disabilities but also systematically withdraw that supports. Compared with previous related softwares, this courseware has potential that can adapt math strategies to meet different needs of individuals with intellectual disabilities, increase independent learning ability of learners and maintain high level of motive through successful problem solving experience.

Key Words : Intellectual Disabilities, Scaffolding, Courseware, Math Word Problem Solving, Multimedia Educational Technology

1. 서 론

수학은 실생활의 여러 가지 문제를 논리적으로 사고하고 합리적으로 해결하는 능력과 태도를 길러주는 교과이기 때문에, 지적장애학생들을 포함하는 모든 학생들이 배워야 하는 필수적인 교과라 할 수 있다. 특히, 수학 교과에서의 문장제 문제해결은 실생활과 연결되는 중요한 학업 기술이기 때문에 인지적 어려움을 가지고 있는 지적장애학생들에게도 이를 효과적으로 가르치기 위한 노력이 필요하다.

지적장애학생들은 수학 문제해결 과정에서 문제 읽기의 어려움, 시각적 표상 과정에서 상징화의 어려움, 계산의 어려움, 초인지 전략 사용을 위한 기억 회상의 어려움 등을

갖는다[1]. 따라서 지적장애학생들에게 수학 문제해결을 가르치기 위해서는 문제를 읽고, 무엇을 해야 할지 결정하고, 자신의 답을 점검하는 형태의 전형적인 교수적 접근만으로는 부족하며, 이들이 나타내는 어려움을 극복할 수 있는 다각적인 교수적 지원 방안을 모색해야 한다.

Montague와 Bos는 장애학생의 수학 문제해결 교수를 위해 문제해결 과정을 여러 단계로 세분화하여 안내하고 자기 교사와 같은 외적 언어를 매개로 자기조정 과정을 지원하는 수학교수전략을 개발하였다[2]. 컴퓨터는 흥미로운 그래픽, 즉각적 피드백, 반복 연습의 기회 제공 등의 효과적인 교수 전달 수단을 가지고 학습자의 인지과정을 촉진시키는 문제해결 도구로서 활용[3]될 수 있기 때문에, 여러 연구들에서는 컴퓨터를 활용하여 수학교수전략을 가르치고자 하였다. 그러나 지금까지 수학교수전략을 가르치기 위해 고안된 소프트웨어들은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

[†] 정 회 원 : 공주대학교 특수교육학과 강사

^{**} 정 회 원 : 공주대학교 대학원장

논문접수 : 2006년 9월 28일, 심사완료 : 2007년 1월 2일

첫째, 컴퓨터 공학은 개별화를 위한 유용한 도구[4]임에도 불구하고, 수학교수전략을 장애학생 개개인의 교육적 필요에 적합하게 제공하지 못하였다. 수학교수전략은 장애학생 개개인의 인지적 특성에 따라 수정이 필요함[2]에도 불구하고, 수학교수전략에 관한 대부분의 연구들이 모든 연구 대상자들에게 전략을 똑같이 적용함으로써 수학교수전략의 개별화가 이루어지지 않았다.

둘째, 컴퓨터 공학은 단순히 지원을 제공하는 데에만 초점[5]을 맞추었기 때문에, 장애학생에게 의존성을 길러주는 결과를 초래할 수 있다. 장애학생에게 수학교수전략을 가르치기 위해서는 문제 읽어주기[6], 다이어그램 및 그림 표상 제공[7], 조작적 계산 도구 제공[8] 등과 같은 다양한 지원을 개개인의 교육적 필요에 따라 제공할 필요가 있다. 또한, 공학을 통한 일반적인 지원만으로는 학습이 이루어질 수 없기 때문에[9], 지원의 체계적인 철회를 통해 의존성이 강한 장애학생들이 독립적인 학습 능력을 습득할 수 있도록 해 주어야 한다.

셋째, 멀티미디어가 다양한 기능을 제공한다 할지라도 교수 증대자로서의 교사의 역할이 필요하다고 할 수 있는데, 소프트웨어를 특정 기술의 연습용으로 사용함으로써 교사의 역할이 필요 없거나 감독자로서의 역할만을 수행하게 하였다는 점이다. 공학은 교사를 대체시킬 수 없으며, 그 자체로는 학생을 가르칠 수 없으므로[10], 수업의 실제에 공학이 성공적으로 통합되기 위해서는 교사의 역할이 오히려 강화[11]되어야 할 필요가 있다.

넷째, 컴퓨터를 활용한 연구에서 지필 과제로의 일반화가 이루어지지 않았음을 지적[12]하고 있는데, 이렇게 수학 문제해결의 일반화가 이루어지지 않은 것은 낮은 동기 때문[13]이라고 할 수 있다. 내적인 동기를 일으키는 주요 개념 중에 하나는 도전[7]으로, 반복 연습을 통해 인지 과정과 자기조정 전략을 익히도록 한 훈련 연습형 프로그램에서는 도전적인 요소를 만들어주지 못함으로써 동기를 일으키지 못하였다고 할 수 있다.

장애학생을 위한 공학 활용 연구들에서 보여주는 이러한 제한점을 극복할 수 있는 방안이 필요한데, 최근 교육 분야에서 대두되는 사회적 구성주의 이론의 스캐폴딩 개념은 지적장애학생 교육에서의 공학 활용에 대한 새로운 방안을 제시한다. 스캐폴딩은 학습자 혼자서는 달성하기 어려운 학습 과제를 완성할 수 있도록 지원을 제공하고, 능력이 향상됨에 따라 서서히 지원을 철회하는 것을 말한다[14]. 스캐폴딩은 능력있는 누구(교사 또는 동료) 또는 무엇(예, 컴퓨터)으로부터 학습자에게로 과제 완성에 대한 책임을 옮겨감으로써, 새로운 기술이나 전략을 독립적으로 활용할 수 있도록 하는 것이다[15]. 이와같은 스캐폴딩의 개념은 지적장애학생들에게 수학문제해결을 교수하기 위한 코스웨어를 설계하고자 할 때에, 개별화의 구현, 독립적인 학습 능력의 습득, 높은 수준의 동기 유지, 교사의 역할 강화 측면에서 시사하는 바가 크다.

따라서 본 연구에서는 스캐폴딩 관련 선행 연구들을 고찰

하여 지적장애학생을 위한 새로운 코스웨어 설계 방안을 모색하고, 이를 구체적으로 지적장애학생의 수학 문제해결 교수를 위한 코스웨어 개발에 적용하기 위해 필요한 설계 지침과 코스웨어의 구조 및 공학적 스캐폴딩의 구성요소를 밝히고자 한다.

2. 스캐폴딩 관련 선행연구 고찰

스캐폴딩 관련 선행연구를 고찰하기 위해서 먼저, “스캐폴딩(scaffolding)”이라는 키워드와 “교육(education), 학습(learning), 공학(technology), 특수교육(special education), 장애(disabilities)”라는 키워드를 결합하여 ERIC, EBSCOhost, ProQuest 등의 데이터 베이스를 이용하여 자료를 수집하였다. 이렇게 수집된 연구물들은 검토 과정을 통해 본 연구의 목적에 알맞은 15편의 연구물로 간추렸으며, 스캐폴딩의 개념 및 목적, 스캐폴딩의 기제, 공학적 스캐폴딩의 설계 지침 및 구조, 공학적 스캐폴딩의 구성요소로 나누어 서술적 분석(descriptive analysis)을 실시하였다. 마지막으로 분석 내용을 토대로 지적장애학생을 위한 코스웨어 개발에 주는 시사점을 도출하였다.

2.1 스캐폴딩의 개념 및 목적

스캐폴딩의 개념은 학습자, 교사, 공학적 도구 간의 상호 작용에 초점을 둔 사회적 구성주의 이론을 기반으로 하고 있다. 스캐폴딩은 Vygotsky의 근접발달영역의 개념에 영향을 받아, 어린 아동들이 문제해결 활동에 참여하는 동안에 부모로부터 받게 되는 지원의 기능적인 역할을 이해하기 위한 분석적 도구를 의미하는 용어로 처음 사용되었다[16].

스캐폴딩은 학생들이 그들의 현재 능력과 의도된 목표 사이의 차이를 뛰어넘을 수 있도록 교사에 의해 제공되는 지원으로 단서 카드와 같은 도구가 될 수도 있고, 교사 모델링과 같은 기법이 될 수도 있다[17]. 이렇게 스캐폴딩으로 언급되는 여러 가지 형태의 지원은 구체적인 하나의 교수 방법이라기보다는 학생의 수행 능력을 증진시키기 위한 지원 구조로서의 역할을 한다.

예민한 교사는 학생의 반응에 따라 계속해서 교수를 위한 자신의 접근법을 수정해 가는데, 이는 교수적 목적을 달성하기 위해 더 지적인 누군가가 학습자에게 의도적으로 지원을 제공할 뿐만 아니라, 학습자의 성취 수준에 따라 이러한 지원을 일정 시간이 경과한 후에는 점진적으로 철회해야 한다[18]는 것이다. 지원은 시간이 지나도 사라지지 않으며 단순히 과제 성취를 쉽게 해주기 위한 것인 반면에, 스캐폴딩은 학습자 개개인이 자신의 능력 이상의 과제를 성취할 수 있도록 지원해 주고, 일정한 능력을 갖추게 되면 지원을 철회한다는 점에서 다르다.

이와같은 스캐폴딩은 잘 구조화된 기술들을 가르치는데 유용할 뿐만 아니라, 학생들이 높은 수준의 사고 전략들을 익히는데 필요한 지원을 제공하는 데에도 유용하다[17]. 스캐폴딩은 새로운 기술과 전략을 독립적으로 적용할 수 있도록 학생들을 지원하는 것이며, 이를 통해 학생들이 경험하

는 실패의 고리를 끊는 효과를 가져 올 수 있다[15]. 또한, 스캐폴딩을 통해 학습자의 흥미를 유발하고 유지시키며, 내면화, 독립성, 다른 상황에의 일반화를 지원할 수 있으며, 학습에 대한 책임감을 학습자에게로 옮길 수 있다[19].

2.2 스캐폴딩의 기제

스캐폴딩에 기반을 둔 코스웨어를 설계하기 위해서는 스캐폴딩을 통해 어떻게 학습이 이루어지는지를 설명하는 스캐폴딩의 기제를 밝힐 필요가 있다. 이러한 스캐폴딩의 기제를 설명해 주는 이론은 활동 이론과 인지적 부하 이론이다.

활동 이론에서는 활동은 언제나 다양한 인공물(예, 악기, 상징, 기계, 방법 등)을 포함하고, 이러한 인공물들은 매개의 역할을 하게 되는데, 학습은 이러한 인공물을 매개로 한 외적 행위로부터 내적 활동으로 나아가는 것이며, 내면화를 통하여 행위가 자동화되고 무의식적으로 조작되어가는 과정이다[20]. 따라서 스캐폴딩을 통해 학생들이 근접발달영역의 상한선에 접근할수록 행동이 더 내면화되고, 자동화된다[21]고 할 수 있다.

인지적 부하 이론에서는 학습자가 외적 표상을 공유함으로써 인지적 부하를 경감시킬 수 있다[22]고 하는데, 스캐폴딩은 인지적 부하를 경감시키는 지원을 제공함으로써 학습자가 어려운 과제를 성취할 수 있도록 한다. 스캐폴딩은 지적인 다른 누군가, 더 능력있는 또래, 또는 컴퓨터가 학습자를 지원하고 인지적 부하를 함께 공유함으로써 학습자가 도달할 수 없는 활동에 참여하는 것을 가능하게 한다[23]. 계산기를 예로 들어 보면, 문제해결을 위해서는 많은 기억 능력이나 인지 능력이 요구되는데, 계산기와 같은 공학적 기능에 접근하지 못하면 이러한 기억이나 인지에 압도당해 문제를 해결할 수 없으므로, 기억이나 인지 능력에 결함이 있는 장애학생들에게 이러한 공학을 적용하여 기억이나 인지 능력을 보완해 주는 역할을 함으로써 지적인 동반자로서의 역할을 하게 한다[24]는 것이다.

2.3 공학적 스캐폴딩의 설계 지침 및 구조

소프트웨어 상에서 스캐폴딩을 구현하고자 시도했던 두 선행 연구들의 설계 지침을 살펴보면, <표 1>과 같다. 「STABLE」은 대학원생을 위한 도제 기반 학습 환경을 구축하기 위한 것이었고[25], 「Model-It」은 9학년 일반학생의 수학 함수 지도를 위한 것이었다[5].

이와같은 스캐폴딩의 설계 지침에는 학습자를 지원하기 위해 필요한 여러 가지 공학적 스캐폴딩이 포함되어 있을 뿐만 아니라, 공학적 스캐폴딩을 사라지게 하는 방법까지도 구체화되어 있다. 다시 말해, 스캐폴딩의 지원과 철회를 2단계 또는 3단계로 구조화함으로써 학습자의 수준과 필요에 맞게 적절한 지원과 점진적인 철회가 이루어지도록 하고 있다.

2.4 공학적 스캐폴딩의 구성요소

스캐폴딩은 구체적인 교수 방법이라기보다는 교수적 절차 또는 구조라고 할 수 있기 때문에 다양한 교수 방법이 활용

<표 1> 선행 연구들에서 구현한 공학적 스캐폴딩의 설계 지침

| 소프트웨어 | 공학적 스캐폴딩의 설계 지침 |
|---------------|--|
| STABLE [25] | <ul style="list-style-type: none"> 상세화 단계를 통한 적합한 스캐폴딩 제공: 학생들은 학습 활동 안에서 지원을 받아 성공해야 할 뿐만 아니라 도전을 받아야 하기 때문에, 한편으로는 많은 지원을 해주어야 하지만, 다른 한편으로는 가능한 적은 지원을 해주어야 함 이용할 수 있지만 즉각적이지 않은 전략 정보 제공: 학생들이 요구하더라도 즉각적인 전략정보를 제공하지 않음으로써 학생들이 자신의 전략에 대해 생각해 볼 수 있는 기회를 줌 이용할 수 있지만 즉각적이지 않은 결과 정보 제공: 학생들에게 결과를 예견해 볼 수 있는 기회를 제공함 가능성있는 문제점의 해결책 제시: 학생들에게 자신의 실수를 수정하기 위한 기회를 제공함 다양한 표상 사용: 좋은 정보의 표상을 생성하기 위해 컴퓨터를 활용 실제 사용을 위한 설계: 상황화된 또는 맥락화된 실생활에서의 개념 또는 기술을 적용함 공동체의 의미 지원: 학습 공동체가 서로의 의미를 공유할 수 있도록 지원함 |
| Model-It [26] | <ul style="list-style-type: none"> 시각화: 초기에는 시각화하며, 학습자가 더 이상 필요치 않을 때에는 스캐폴딩을 제거함 필수적: 학습자가 하나 이상의 스캐폴딩을 반드시 사용하는 필수적 단계, 학습 과정에 따라 하나의 스캐폴딩을 사용하거나 다른 스캐폴딩을 사용하는 준필수적 단계, 스캐폴딩의 사용을 선택할 수 있는 선택적 단계로 설계 연결: 하나의 스캐폴딩이 다른 스캐폴딩들과 연결되어질 때, 두터운 연결, 느슨한 연결, 연결 없음으로 설계 유용성: 적절한 스캐폴딩 사용이 포함되는 기본적인 단계, 일부의 스캐폴딩이 제공되는 문제화된 단계, 스캐폴딩이 제공되지 않는 없음 단계로 설계 표상: 주로 그래픽을 이용해 스캐폴딩을 제공하는 그래픽 단계와 텍스트로 제공되는 텍스트 단계로 설계 |

<표 2> 선행 연구들에서 구분한 스캐폴딩의 유형

| 스캐폴딩의 유형 | 내용 |
|-----------|--|
| 지원적 스캐폴딩 | 과제 수행을 지원하는 안내, 코칭, 모델링 등 |
| 반성적 스캐폴딩 | 과제에 대해 생각하도록 지원을 제공하는 계획하기, 예견하기, 평가하기 등 |
| 내재적 스캐폴딩 | 과제 그 자체를 변화시키는 것으로 과제의 난이도를 줄이고 학습자의 주의를 모으는 것 |
| 개념적 스캐폴딩 | 문제해결에 필요한 지식이 무엇인가에 대한 안내로, 학생들에게 주요 내용에 대한 힌트, 촉구, 제안을 주거나, 문제해결과 관련된 내용에 초점을 맞추도록 '생각 말하기'를 적용 |
| 초인지적 스캐폴딩 | 학생들이 학습을 관리하는 것과 관련된 중요한 과정들을 자기 조정할 수 있도록 돕기 위해 학습 과정에 초인지적 도구들을 삽입하여 지원하는 것 |
| 절차적 스캐폴딩 | 환경 안에서 만들어진 자원이거나 도구의 사용 방법을 학생들이 배울 수 있도록 돕는 것 |
| 전략적 스캐폴딩 | 학생들이 문제해결을 위한 다양한 기법들을 인식할 수 있도록 돕는 것 |

될 수 있다[5]. 스캐폴딩과 관련된 선행 연구들[17, 19, 27, 28]에서 제안하고 있는 스캐폴딩으로 활용될 수 있는 다양한 교수 방법들에는 모델링, 생각 말하기, 단서 또는 힌트, 발문, 자기점검 절차, 설명, 피드백, 촉구, 정교화, 요약, 공유된 목표 설정 등이 있다. 몇몇 연구들[19, 28]에서는 이러한 교수 방법들을 스캐폴딩의 구성요소로 보고, <표 2>와 같이 스캐폴딩의 유형을 구분하였다.

이처럼 스캐폴딩의 구성요소는 단순히 과제 수행을 위한

지원적인 스캐폴딩뿐만 아니라, 과제에 대해 생각하도록 돕는 반성적인 스캐폴딩과 학습자의 주의를 모을 수 있도록 돕는 내재적인 스캐폴딩까지를 포함[19]하고 있음을 알 수 있다. 또한, 학습을 촉진시키기 위한 초인지적 교수 방법을 포함[28]하는 다양한 교수 방법들이 스캐폴딩으로 활용될 수 있는데, 이러한 교수 방법들은 공학적 스캐폴딩의 구성요소로도 활용될 수 있을 것이다.

2.5 지적장애학생을 위한 코스웨어 설계에 주는 시사점

앞서 살펴본 스캐폴딩 관련 선행연구들은 지적장애학생 교수를 위한 코스웨어를 설계하고자 할 때에 다음과 같은 시사점을 제공한다.

첫째, 스캐폴딩의 개념은 많은 단계나 절차로 이루어진 인지 전략과 같은 높은 수준의 전략을 가르치는 데에 특별히 유용하다[17]고 할 수 있으며, 이러한 높은 수준의 전략을 컴퓨터를 활용하여 가르치고자 할 때에 컴퓨터와 학습과의 연결을 설명하는 이론적 구조틀을 제공한다[29]. 따라서 스캐폴딩의 개념은 수학 문제해결능력 습득을 위한 코스웨어를 설계하고자 할 때에 그 이론적 구조틀로 활용될 수 있다.

둘째, 컴퓨터는 아직까지 교사가 하는 것처럼 학습자의 과거 경험, 독특한 필요, 목표를 인식할 수 없기 때문에, 공학적 스캐폴딩을 실현하고자 할 때에 교사는 공학적 스캐폴딩의 설계자가 되어야 한다[18]. 즉, 교사는 학습 초기와 학습 과정에서의 역동적 평가를 통해 장애학생의 교육적 필요에 알맞은 공학적 스캐폴딩을 제공하고, 학습자의 진전에 따라 스캐폴딩을 철회하는 적당한 시기를 잡아내는 중요한 역할을 함으로써 학습자의 개별적인 교육적 필요를 충족시킨다. 따라서 스캐폴딩의 개념은 공학 활용을 통한 수학교수 전략의 적합화를 실현하는 아이디어가 된다.

셋째, 정보처리이론에 토대를 둔 컴퓨터 프로그램에서는 여러 가지 지원을 통해 인지적 부하를 줄이려는 노력을 했다고 할 수 있으나, 스캐폴딩의 개념이 적용된 코스웨어에서는 학습자와 인지적 부하를 나누어 갖는다(또는 공유한다)고 할 수 있으며[28], 이러한 인지적 부하는 점차 프로그램에서 학습자에게로 옮겨가는 과정을 통해 독립적이고 자기주도적인 학습자를 만들어간다고 할 수 있다. 따라서 스캐폴딩의 개념은 기존의 수학교수전략과 컴퓨터 공학 활용에 추가되어 독립적인 학습 능력을 촉진하기 위한 수단으로 활용될 수 있다.

넷째, Larkin은 스캐폴딩을 통해 성공적인 과제 완수를 위해 필요한 지원을 해줌으로써 실패의 순환을 깨뜨릴 수 있음을 언급[15]하고 있는데, 이는 스캐폴딩이 과제 완수를 향한 점진적인 증가를 목표로 하는 것이 아니라, 처음부터 복잡하고 다단계인 기술이나 전략을 지원을 제공하여 성공적으로 성취할 수 있게 하고, 성공적인 과제 완수를 계속해가는 가운데 지원의 정도를 점차로 줄여감으로써 독립적인 과제 완수에 이르게 하는 새로운 접근 방법이기 때문이다. 이러한 접근 방법은 실패가 누적되어 학습된 무기력에 빠진 지적장애학생들이 실패의 경험을 하지 않도록 함으로써 실

패의 순환에서 벗어나도록 할 수 있다.

3. 스캐폴딩 기반 코스웨어의 설계 방안

3.1 스캐폴딩 기반 코스웨어의 설계 지침

스캐폴딩 관련 선행연구 고찰을 토대로 다음과 같은 3가지 스캐폴딩 기반 코스웨어의 설계 지침을 추출하였다.

- <지침 1> 과제 완수를 위한 공학적 지원 제공: 학습자 혼자서는 할 수 없지만, 다양한 공학적 지원 도구를 제공하여 과제를 완수할 수 있도록 한다.
- <지침 2> 공학적 지원 철회를 통한 도전 제공: 학습자의 수준이 향상됨에 따라 공학적 지원을 단계적으로 철회함으로써 학습자가 계속해서 도전을 받아 학습이 이루어질 수 있게 한다.
- <지침 3> 학습자 수준 파악을 위한 역동적 평가 실시: 학습자의 필요에 알맞은 공학적 지원을 설정하고, 이를 단계적으로 철회하기 위한 교수적 결정을 하기 위해 역동적 평가를 실시한다.

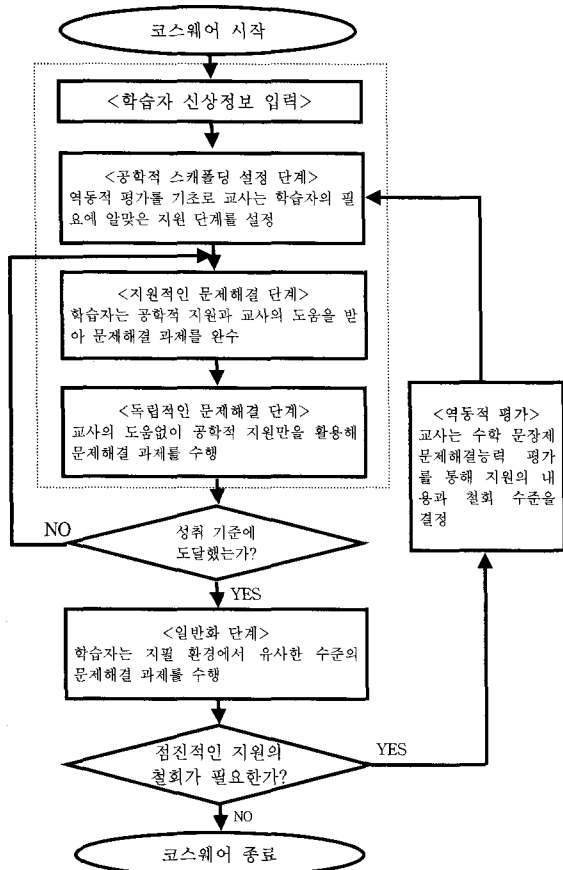
3.2 스캐폴딩 기반 코스웨어의 구조 설계

스캐폴딩 기반 코스웨어의 구조는 (그림 1)과 같이 학습자의 신상 정보를 입력하는 것으로 시작되며, 역동적 평가, 공학적 스캐폴딩 설정 단계, 지원적 문제해결 단계, 독립적인 문제해결 단계, 지필 환경으로의 일반화 단계가 계속해서 순환한다. 점선 안의 부분이 코스웨어 상에서 실제로 구현되어야 할 내용이며, 점선 밖의 부분은 코스웨어와 연결된 교사의 교수 활동이다.

코스웨어 활용 교수에서 교사는 학습자의 수학 문제해결 능력 수준에 적합한 지원 내용을 고안하기 위해 역동적 평가를 실시한다. 역동적 평가에서 얻은 정보를 토대로 교사는 학습자가 문제해결 과제를 완수할 수 있는 수준의 지원 단계를 설정하는 스캐폴딩 단계 설정을 한다.

학습자는 코스웨어 상에서 제공되는 공학적 지원과 교사의 도움(언어적 촉구 등)을 통해 문제해결 과제를 완수하는 지원적 문제해결 단계를 거쳐, 교사의 도움없이 혼자서 공학적 지원만을 활용해 문제해결 과제를 수행하는 독립적인 문제해결 단계를 거친다. 학습자는 성취 기준에 도달할 때까지 지원적 문제해결 단계와 독립적인 문제해결 단계를 일정 기간 반복한다.

독립적인 문제해결 단계에서 성취 기준에 도달하면, 지필 환경에서 유사한 수준의 문제를 풀어보는 일반화 단계로 넘어간다. 이 때, 교사는 일반화 단계에서 수행하는 학습자의 문제해결 과정을 관찰하여 또다시 학습자의 수학 문제해결 능력 수준을 점검하는 역동적 평가를 한다. 일반화 단계에서의 수행 결과를 평가해 보고, 학습자에게 점진적인 지원의 철회가 필요하다고 여겨지면, 어떤 공학적 지원 항목을 어느 단계로 철회할 것인지를 결정하는 스캐폴딩 설정 단계로 다시 돌아가며, 학습자의 능력 수준에서 최대한의 독립



(그림 1) 스캐폴딩 기반 코스웨어의 구조

적인 수학 문제해결능력이 습득되어졌다고 여겨지면 교수 프로그램을 종료한다.

3.3 공학적 스캐폴딩 구성요소의 설계

지적장애학생의 수학 문제해결 교수를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어에서 학습자를 지원하기 위한 공학적 스캐폴딩의 구성요소는 수학교수전략의 각 단계에서 지적장애학생들이 겪는 어려움이 무엇인지와 이러한 어려움을 해결하는데 도움이 될 수 있는 공학적 요소들이 무엇인지를 밝혀주는 선행연구 분석을 통해 추출하였다.

지적장애학생들은 수학 문제해결 과정에서 문제 읽기의 어려움, 문제에서 의미있는 정보 찾기의 어려움, 시각적 표상 과정에서 상징화의 어려움, 계획 수립에서 연산 선택의 어려움, 계산의 어려움, 초인지 전략 사용을 위한 기억 회상의 어려움을 갖는다. 이러한 어려움은 여러 가지 공학적 지원을 통해 극복될 수 있는데, <표 3>은 Montague와 Bos가 개발한 수학교수전략[2]을 지적장애학생들에 맞게 6단계로 수정한 후, 각 단계에서 겪는 학습자의 어려움과 그에 따른 공학적 스캐폴딩 구성요소 및 추출 근거를 밝힌 것이다.

코스웨어 상에서 제공되는 공학적 스캐폴딩 구성요소들은 학습자의 문제해결 능력이 향상됨에 따라 점차적으로 축소되어야 한다. 따라서 스캐폴딩 기반 코스웨어에서는 공학적 스캐폴딩의 구성요소를 3단계로 철회할 수 있도록 <표 4>와 같이 설계한다.

<표 3> 공학적 스캐폴딩의 구성요소

| 수학교수전략 | 학습자의 어려움 | 공학적 스캐폴딩의 구성요소 | 공학적 스캐폴딩 구성요소의 추출 근거 |
|--------------|-----------------|---------------------|---|
| 문제 읽기 | 문제의 어려움 | 문제상황을 보여주거나 문제 읽어주기 | 문제 읽기의 어려움은 문제 상황을 비디오프로 보여주거나[30] 문제를 대신 읽어줌[6, 31]으로써 해결할 수 있다. |
| 밀줄 긋기 | 의미있는 정보 찾기의 어려움 | 중요 정보에 밀줄 긋기 단서 제공 | 문제해결에서 밀줄긋기 활동은 중요한 정보를 찾는 과정을 지원할 수 있다[4, 6]. |
| 표상하기 | 상징화의 어려움 | 숫자 정보와 연결된 표상 제공 | 구체적 그림과 영상적 그림을 숫자 상징 정보와 연결하여 제공함으로써 상징화를 유도할 수 있다[7, 32]. |
| 식 세우기 | 알맞은 연산 선택의 어려움 | 연산 부호에 대한 발문 촉구 | 연산 기호를 보고 고를 수 있게 하고 [33], 발문 촉구를 통해 학생이 중요한 내용에 초점을 맞추도록 도와줌으로써 연산 선택의 어려움을 줄일 수 있다[34]. |
| 계산하기 | 계산의 어려움 | 조작적 계산 도구 제공 | 조작적으로 계산함으로써 계산의 어려움을 경감시킬 수 있다[8]. |
| 확인하기 (전략 사용) | 전략 교수 회상의 어려움 | 전략 순서에 대한 단서 제공 | 전략 순서에 대한 단서를 제공함으로써 초인지 전략 사용에 필요한 기억 회상의 어려움을 해결할 수 있다 [35, 36]. |

<표 4> 공학적 스캐폴딩 구성요소의 철회 단계

| 수학교수전략 | 공학적 스캐폴딩 구성요소 | 도전을 위한 공학적 스캐폴딩 구성요소의 철회 단계 | | |
|--------------|---------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| | | I 단계 | II 단계 | III 단계 |
| 문제 읽기 | 문제상황을 보여주거나 문제 읽어주기 | 문제 상황을 보여주고, 자동 읽어주기 | 선택하여 이용하기 | 독립적인 문제 읽기 |
| 밀줄 긋기 | 중요 정보에 밀줄긋기 단서 제공 | 자동 밀줄긋기 | 단서 밀줄긋기 | 독립적인 밀줄긋기 |
| 표상하기 | 숫자 정보와 연결된 표상 제공 | 숫자 정보와 구체적 그림 표상 | 숫자 정보와 영상적 그림 표상 | 독립적인 영상 표상 |
| 식 세우기 | 연산 부호에 대한 발문 촉구 | 알맞은 연산부호 촉구 | 모든 연산부호 촉구 | 촉구없이 키보드 숫자키 사용 |
| 계산하기 | 조작적 계산 도구 제공 | 자동 조작 계산 | 수동 조작 계산 | 조작없는 계산 |
| 확인하기 (전략 사용) | 전략 순서에 대한 단서 제공 | 전략 자동 제공 | 전략 수동 제공 | 전략 일시 제공 |

학습자의 능력에 따라 알맞은 지원을 제공하고 점차적으로 독립적인 학습자가 되도록 하기 위해 스캐폴딩 I 단계에서는 완전한 지원을 제공하며, II 단계에서는 학습자가 지원을 선택할 수 있도록 하고, III 단계에서는 지원을 완전히 철회하도록 한다. 다만, 표상하기와 계산하기에서 제공되는 공학적 지원 구성요소들은 Bruner의 EIS 이론[37]에 따라 점진적으로 상징화 단계에 이를 수 있도록 한다. 표상하기에서는 숫자 정보와 연결된 구체적 그림 표상에서 숫자 정보와 연결된 영상적 그림 표상으로 철회하도록 하였으며, 최종적으로는 숫자 정보없이 영상적 그림 표상만으로 문제를 해결하도록 한다. 계산하기에서는 계산의 어려움을 해결하기 위한 조작적 계산 도구를 제공하되, I 단계에서는 자동적으로 조작이 이루어질 수 있도록 하지만, II 단계에서는 학습자가 직접 조작할 수 있도록 하고, III 단계에서는 조작 도구를 완전히 철회함으로써 정신적 조작이 이루어질 수 있도록 한다. 교사는 이러한 공학적 지원을 일률적으로 적용하는 것이 아니라, 지적장애학생 개개인의 필요에 맞게 각

수학교수전략에서의 공학적 지원을 서로 다른 단계로 제공하거나 학습자의 능력이 향상함에 따라 각각의 지원을 점차적으로 철회함으로써 개별화된 지원을 제공한다.

4. 결 론

스캐폴딩의 개념을 기반으로 하는 소프트웨어는 대개 고학년의 일반학생들이 높은 수준의 문제를 해결할 수 있도록 지원하기 위한 도구로 개발하였다[5, 25, 26]. 그러나 이러한 스캐폴딩의 개념은 비록 수준은 다르더라도 지적장애학생이 혼자서는 도달하기 어려운 문제해결 과정을 지원하기 위한 도구 개발의 구조틀로도 유용하게 활용될 수 있다. 다만, 장애학생을 지원하기 위한 도구로 개발되기 위해서는 과제 해결에서 학습자가 겪는 어려움이 무엇인지를 구체적으로 파악하고, 수학교수전략과 같은 과제 수행을 위한 세밀한 단계를 설정해야 하며, 손쉽게 도구를 사용할 수 있도록 해주어야 할 것이다.

스캐폴딩 관련 선행 연구의 고찰을 토대로 설계한 스캐폴딩 기반 코스웨어가 지적장애학생 교육을 위한 코스웨어 개발에 주는 의의를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 장애학생을 위한 기존의 공학 활용이 단순히 지원만을 위한 것이었다면, 스캐폴딩 기반 코스웨어는 지원뿐만 아니라, 독립적인 문제해결을 위한 점진적인 지원의 철회 과정을 코스웨어 상에서 구현한다는 데에 의의가 있다. 지금까지 학습을 지원하기 위한 많은 종류의 소프트웨어가 개발되어 왔지만, 이러한 소프트웨어는 지원만이 있을 뿐이지, 소프트웨어 상에서 철회가 이루어지지 않기 때문에[5], 장애학생에게 의존성을 길러주는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 장애학생의 독립적인 문제해결능력을 증진시키기 위해서는 지원을 줄여가는 코스웨어 설계 방안이 필요하다.

둘째, 스캐폴딩 기반 코스웨어와 같은 도구를 활용한다면, 수학교수전략을 장애학생 개인의 필요에 맞게 적합화하여 적용할 수 있을 것이다. 수학교수전략은 다양한 학습자의 특성에 알맞게 적합화할 필요성이 있음[2]에도 불구하고, 이제까지 수학교수전략의 적합화에 관한 연구들이 수행되지 않았다. 스캐폴딩 기반 코스웨어를 개발하여 활용한다면, 장애학생들에게 각자의 교육적 필요에 적합한 공학적 지원을 제공하고, 각자의 학습 속도에 맞추어 점차적으로 지원을 철회함으로써 각기 다른 방식으로 수학교수전략을 적용하게 될 것이다.

셋째, 스캐폴딩 기반 코스웨어에서 제공되는 공학적 지원은 지적장애학생들이 수학 문제해결 과제에서 성공감을 맛보므로써 보다 동기화된 상황에서 학습에 참여할 수 있을 것이다. 수학 교과는 계열적인 특성 때문에 기초적인 학업능력이 부족한 지적장애학생들은 보다 높은 수준의 학습과제로 나아가지 못하고, 거듭된 실패를 경험하여 동기화되기 어려운데, 스캐폴딩 기반 코스웨어는 문제해결의 첫 단계부터 학습자의 수준에 알맞은 공학적 지원을 제공하여 과제를 완수할 수 있게 함으로써, 지적장애학생들이 보다 동기화된

상황에서 수학 학습에 참여하는 기회를 제공해 줄 수 있다.

종합해 보면, 본 연구는 공학적 지원만을 제공하는 기존의 코스웨어에서 나타나는 학습자 의존성의 문제, 학습자 개인의 필요에 맞게 적용하지 못하는 수학교수전략 교수의 문제, 수학 문제해결에서의 거듭된 실패로 인해 나타나는 낮은 동기의 문제 등을 해결할 수 있는 새로운 구조의 스캐폴딩 기반 코스웨어 설계 방안을 탐색하고 이를 지적장애학생의 수학문제해결 교수 도구로 구체화하였다는 데에 그 의의가 있다.

참 고 문 헌

- [1] Fuchs, L. S., & Fuchs, D., "Principles for the prevention and intervention of mathematics difficulties", *Learning Disabilities Research & Practice*, Vol. 16, No. 2, pp.85-95, 2001.
- [2] Montague, M., & Bos, C. S., "The effect of cognitive strategy training on verbal math problem solving performance of learning disabled adolescents", *Journal of Learning Disabilities*, Vol. 19, No. 1, pp.26-33, 1986.
- [3] 한성희, "특수교육과 컴퓨터 기술", *한국특수교육의 발전과제*, 제9권, pp.101-129, 1994.
- [4] Hartley, K., "Learning strategies and hypermedia instruction", *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, Vol. 10, No. 3, pp.285-305, 2001.
- [5] Metcalf, S. J., "The design of guided learner-adaptable scaffolding in interactive learning environments"(Unpublished doctoral dissertation, The University of Michigan), *Digital Dissertations On Demand*, No. 9959821, 1999.
- [6] Braddock, D., Rizzolo, M. C., Thompson, M., & Bell, R., "Emerging technologies and cognitive disability", *Journal of Special Education Technology*, Vol. 19, No. 4, pp.49-56, 2004.
- [7] Larsen, S., "What in "quality" in the use of technology for children with learning disabilities?", *Learning Disability Quarterly*, Vol. 18, No. 2, pp.118-130, 1995.
- [8] Bray, N. W., Reilly, K. D., Huffman, L. F., Fletcher, K. L., Villa, M., & Anumolu, V., "Mental retardation and cognitive competencies", Retrieved April 12, 2005, from <http://www.uab.edu/cogdev/graham4.htm>, 1998.
- [9] 한성희, 남윤석, "시각 손상 학생을 위한 웹기반 시기능 진단·평가 시스템 설계", *특수교육학연구*, 제39권, 제3호, pp.133-162, 2004.
- [10] Cromley, J. G., "Learning with computers: The theory behind the practice", *Focus on Basics*, Vol. 4(c), Retrieved March 27, 2005, from <http://gesweb.harvard.edu/~ncsall/fob/2000/cromley.html>, 2000.
- [11] Howell, R. D., "Technology and change in special education: An interactional perspective", *Theory into Practice*, Vol. 29, No. 4, pp.276-282, 1990.
- [12] Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Shiah, R. L., & Fulk, B. J. M., "Reflections on the effects of computer-assisted in-

- struction on the mathematical problem solving of students with learning disabilities", *EXCEPTIONALITY*, Vol. 5, No. 3, pp.189-193, 1994-1995.
- [13] Bottge, B. A., Heinrichs, M., Mehta, Z. D., & Hung, Y. H., "Weighing the benefits of anchored math instruction for students with disabilities in general education classes", *The Journal of Special Education*, Vol. 35, No. 4, pp.186-200, 2002.
- [14] Hogan, K., & Pressley, M., "Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues", Cambridge, MA: Brookline Books, 1997.
- [15] Larkin, M. J., "Providing support for student independence through scaffolded instruction", *TEACHING Exceptional Children*, Vol. 34, No. 1, pp.30-34, 2001.
- [16] Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G., "The role of tutoring in problem solving", *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, Vol. 17, No. 2, pp.89-100, 1976.
- [17] Rosenshine, B., & Meister, C., "The use of scaffolds for teaching higher-level cognitive strategies", *Educational Leadership*, Vol. 49, No. 7, pp.26-33, 1992.
- [18] Fretz, E. B., Wu, H. K., Zhang, B., Davis, E. A., Krajcik, J. S., & Soloway, E., "An investigation of software scaffolds supporting modeling practices", *Research in Science Education*, Vol. 32, No. 4, pp.567-589, 2002.
- [19] Li, S., "Contingent scaffolding strategies in computer-based learning environments" (Unpublished doctoral dissertation, Indiana University), Digital Dissertations On Demand, No. 3024299, 2001.
- [20] Hung, D. W. & Wong, A. F., "Activity theory as a framework for project work in learning environments", *Educational Technology*, Vol. 40, No. 2, pp.33-37, 2000.
- [21] Snowman, J., & Biehler, R., "Psychology applied to teaching", Boston, MA: Houghton Mifflin Company, 2006.
- [22] Valcke, M., "Cognitive load: Updating the theory?" *Learning and Instruction: The Journal of the European Association for Research on Learning and Instruction*, Vol. 12, No. 1, pp.147-154, 2002.
- [23] Chen, Y. S., Kao, T. C., & Sheu, J. P., "A mobile learning system for scaffolding bird watching learning", *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 19, No. 3, pp.347-359, 2003.
- [24] Englert, C. S., Manalo, M., & Zhao, Y., "I can do it better on the computer: The effects of technology-enabled scaffolding on young writers' composition", *Journal of Special Education Technology*, Vol. 19, No. 1, pp.5-21, 2004.
- [25] Guzdial, M., & Kehoe, C., "Apprenticeship-based learning environments: A principled approach to providing software-realized scaffolding through hypermedia", *Journal of Interactive Learning Research*, Vol. 9, No. 3/4, pp.289-336, 1998.
- [26] Quintana, C., Krajcik, J., & Soloway, E., "Scaffolding design guidelines for learner-centered software environments", Paper presented at the 2002 annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.(ERIC Document Reproduction Service No. ED467503), 2002.
- [27] Wong, B. Y. L., "Learning about learning disabilities", San Diego, CA: Elsevier Academic Press, 2004.
- [28] Azevedo, R., Cromley, J. G., Thomas, L., Seibert, D., & Tron, M., "Online process scaffolding and students' self-regulated learning with hypermedia", Paper presented at the annual conference of the American Educational Research Association, Chicago, IL.(ERIC Document Reproduction Service No. ED478070), 2003.
- [29] McLoughlin, C., & Oliver, R., "Maximising the language and learning link in computer learning environments", *British Journal of Educational Technology*, Vol. 29, No. 2, pp.125-136, 1998.
- [30] Bottge, B. A., Heinrichs, M., Mehta, Z. D., Rueda, E., Hung, Y., & Danneker, J., "Teaching mathematical problem solving to middle school students in math, technology education, and special education classrooms", *Research in Middle Level Education Online*, Vol. 27, No. 1, pp.43-68, 2004.
- [31] Fitzgerald, G. E., & Koury, K. A., "Empirical advances in technology-assisted instruction for students with mild and moderate disabilities", *Journal of Research on Computing in Education*, Vol. 28, No. 4, pp.526-554, 1996.
- [32] Maccini, P., Gagnon, J. C., & Hughes, C. A., "Technology-based practices for secondary students with learning disabilities", *Learning Disability Quarterly*, Vol. 25, No. 4, pp.247-261, 2002.
- [33] Babbitt, B. C., & Miller, S. P., "Using hypermedia to improve the mathematics problem-solving skills of students with learning disabilities", *Journal of Learning Disabilities*, Vol. 29, No. 4, pp.391-401, 412, 1996.
- [34] Grossen, B., Davis, B., Caros, J., & Billups, L., "Promoting success in the general education curriculum for high school students with disabilities: Instructional technology, media, and materials: A review of literature", Retrieved June 9, 2005, from <http://www.ku-crl.org/IAA%20Web/htmlfiles/reports/tools.txt>, 2000.
- [35] Davies, D. K., Stock, S. E., & Wehmeyer, M. L., "Enhancing independent internet access for individuals with mental retardation through use of a specialized web browser: A pilot study", *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, Vol. 36, No. 1, pp.107-113, 2001.
- [36] Kamann, M. P., & Wong, B. Y. L., "Inducing adaptive coping self-statements in children with learning disabilities through self-instruction training", *Journal of Learning Disabilities*, Vol. 26, No. 9, pp.630-638, 1993.
- [37] Presno, C., "Bruner's three forms of representation revisited: Action, pictures and words for effective computer instruction", *Journal of Instructional Psychology*, Vol. 24, No. 2, pp.112-119, 1997.

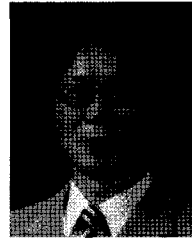


남 윤 석

e-mail : ybs408@hanmail.net

1991년 공주교육대학교 초등교육(학사)
1997년 공주대학교 특수교육(교육학석사)
2006년 공주대학교 특수교육(교육학박사)
1993년~현재 대전광역시 초등학교 교사
1998년~현재 공주대학교 강사

관심분야 : 특수교육 공학, 교육용 소프트웨어 설계, 보편적
학습설계(universal design for learning)



한 성 희

e-mail : ashan@kongju.ac.kr

1977년 서울대학교 물리교육(이학사)
1984년 단국대학교 특수교육(교육학석사)
1992년 단국대학교 특수교육(교육학박사)
1988년~현재 공주대학교 특수교육과 교수
1995년~1998년 초고속 멀티미디어
교육복지연구센터 소장

2004년~2006년 한국특수교육학회 부회장
2006년~현재 공주대학교 대학원장
관심분야 : 시각장애 교육·심리, 특수교육재활공학,
원격사회복지