

## 지적장애학생의 수학교수전략 개별화를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어의 개발

남 윤 석\*

위덕대학교 특수교육학부

한 성 희

공주대학교 특수교육과

---

### 《요 약》

---

이 연구는 수학 문장제 문제해결에 어려움을 나타내는 지적장애학생 개개인의 능력에 알맞게 수학교수전략을 개별화하여 적용할 수 있는 코스웨어를 개발하고, 개발된 코스웨어의 타당성을 검증하는 데에 그 목적이 있다.

체계적인 개발 절차에 따라 학습자가 문제해결 과정에서 부딪치는 어려움을 극복할 수 있도록 다양한 공학적 지원을 제공하고, 이를 전반적인 지원, 부분적인 지원, 독립적인 수행의 3단계 수준으로 거둬들이므로써 지적장애학생 개개인의 능력 수준에 맞게 개별화가 가능한 스캐폴딩 기반 코스웨어를 개발하였다.

또한, 이렇게 개발된 코스웨어는 특수학급 교사들을 대상으로 실시한 타당성 검증에서 코스웨어의 개발 원리, 적용의 효과성, 실제 적용 가능성 측면에서 매우 긍정적인 것으로 나타났다.

---

주제어 : 지적장애, 수학교수전략, 개별화, 스캐폴딩, 코스웨어

---

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

가르치고 배우는 장면에서 공학을 활용하기 위한 많은 노력들은 교수 이론의 발전과 함께 진행되어 왔다. 장애학생을 위한 어떤 공학적 도구도 그것의 기초가 되는 교수 원리보다 더 높은 질을 갖출 수 없기(Larsen, 1995) 때문에, 공학 환경에서 학생의 학습을 최대화할 수 있는 효과적인 교수 이론의 지속적인 탐색이 필요하다(Kramarski & Zeichner, 2000). 따라서 지적장애학생을 위한 코스웨어를 개발하기 위해서는 지금까지

---

\* 제1저자, 교신저자(ybs408@hanmail.net)

어떤 교수 이론을 기반으로 공학적 도구가 활용되었으며, 최근 공학 활용의 기반이 되는 교수 이론은 무엇인지를 탐색하고 적용해 보는 일이 필요하다고 할 수 있다.

1950년에서 1960년대의 행동주의적 패러다임에서는 반복된 개별 연습과 피드백의 결과로 기술적인 행동이 습득되어지는 것으로 보았으며(McLoughlin & Oliver, 1998), 이러한 교수 원리에 따라 교육에서 활용되어지는 컴퓨터 프로그램은 주로 훈련 연습용으로 개발되었다. 행동주의적 특성에 따른 컴퓨터 프로그램에서의 과제는 정보를 기억하거나 암송하는 것과 같은 낮은 수준의 기술을 달성하는데 그칠 수 밖에 없었으며, 정보를 분절된 형태로 산출함으로써 교육 목표 설정에 제한적이었으며(McLoughlin & Oliver, 1998), 소프트웨어는 학습 주도적이 아닌 공학 주도적(Cromley, 2000)이었다는 단점을 가지고 있다.

이후 70년대 초반부터 인지 이론이 주류를 형성하였는데, 인지발달이론, 정보처리이론, 초인지이론 등의 다양한 연구들을 기반으로 학습자의 내적인 변화 과정에 대한 깊이있는 발견을 통해 다양한 인지·초인지 전략들이 개발되었으며, 교수를 위한 공학은 이러한 인지·초인지 전략을 가르치는 도구로 활용되었다. 그러나 인지적 구성주의 관점에서는 개인과 환경과의 상호작용을 인지적 성장의 중심적 요소가 아닌 주변적 요소로 다룸으로써 동료와의 상호작용, 협력, 언어 사용 등이 학습에 어떻게 공헌하는지와 같은 사회적 과정에 대한 충분한 설명을 제공하지 못하였다(McLoughlin & Oliver, 1998).

최근 교육 분야에서 대두되는 사회적 구성주의 이론은 행동주의 이론과 인지적 구성주의 이론의 제한점을 극복할 수 있는 시사점을 제공하는데, 교사, 학생, 공학간의 상호작용에 초점을 맞춤(Howell, 1990)으로써 교육에서의 컴퓨터의 역할에 대한 생각의 변화를 가져오게 한다(McLoughlin & Oliver, 1998). 행동주의 이론으로부터 인지적 구성주의, 사회적 구성주의 이론으로의 변화는 여러 이론들 속에서 장점만을 활용하는 수학적 교수의 혼합 모델(hybrid model)을 개발하고 실현해보는 기회를 제공한다(Goldman, Hasselbring, & the Cognition and Technology Group at Venderbilt, 1997)고 할 수 있으므로, 사회적 구성주의 이론의 원리를 이제까지의 공학 활용에 관한 연구 성과들과 혼합하고자 하는 시도는 의미있는 일이 될 수 있다.

일반교육 분야에서 사회적 구성주의 이론을 기반으로 하는 몇몇 공학 활용 연구들을 살펴보면, 스캐폴딩(scaffolding)의 개념이 중심에 자리 잡고 있음을 볼 수 있다. 스캐폴딩은 학습자 혼자서는 달성하기 어려운 학습 과제를 완성할 수 있도록 도움을 제공하고, 능력이 향상됨에 따라 서서히 도움을 거둬들이는 것을 말한다(Hogan & Pressley, 1997). 스캐폴딩은 능력있는 누구(교사 또는 또래 동료)또는 무엇(예, 컴퓨터)으로부터 학습자에게로 과제 완성에 대한 책임을 전이시킴(Biemiller & Meichenbaum, 1998)으로써, 새로운 기술이나 전략을 독립적으로 활용할 수 있도록 하는 것이다(Larkin, 2001).

스캐폴딩의 개념을 기반으로 하는 몇몇 소프트웨어 개발 연구들(Guzdial & Kehoe, 1998; Metcalf, 1999; Quintana, Krajcik, & Soloway, 2002)은 대개 고학년의 일반학생들

을 대상으로 높은 수준의 문제해결 과정을 지원하기 위한 도구로 활용되었다. 소프트웨어 상에서 학습자 혼자서는 해결하기 어려운 문제해결 과정을 지원하고, 학습자의 능력이 향상됨에 따라 점차적으로 지원을 거둬들이도록 구성함으로써 독립적인 학습이 완성될 수 있도록 스캐폴딩의 개념을 설계의 구조틀로 활용한 것이다. 이에 남윤석과 한성희(2007)는 스캐폴딩의 개념이 수학교수전략과 같은 높은 수준의 문제해결능력을 지적장애학생들에게 가르치기 위한 도구로서의 코스웨어를 개발하고자 할 때에도 유용할 것이라는 가정 하에 스캐폴딩 기반 코스웨어를 설계하였으며, 이러한 설계가 개별화의 구현, 독립적인 학습 능력의 습득, 높은 수준의 동기 유지, 교사의 역할 강화 측면에서 기존의 관련 소프트웨어들과는 다른 의의가 있음을 밝히고 있다.

따라서 이 연구에서는 스캐폴딩의 개념에 기초하여 지적장애학생 개개인의 능력에 맞게 수학교수전략을 개별화하여 적용할 수 있는 스캐폴딩 기반 코스웨어를 개발하고자 하며, 이렇게 개발된 코스웨어의 타당성을 검증해 보고자 한다.

## 2. 용어의 정의

### 1) 수학교수전략의 개별화

경도 장애학생들은 수학 문장제 문제해결을 위한 전형적인 교과서식 접근(즉, 문제를 읽고, 무엇을 해야 할지 결정하고, 자신의 답을 점검하는 형태)으로는 문제해결에 필요한 인지적 도구들을 제공받지 못하기 때문(Montague, Warger, & Morganet, 2000)에, 좀 더 세밀한 수학교수전략이 필요하다. 이에 Montague와 Bos(1986)는 ①이해를 위한 읽기, ②자신의 말로 바꾸기, ③그림으로 시각화하기, ④문제해결을 위한 계획 세우기, ⑤답을 예상해보기, ⑥계산하기, ⑦모든 과정이 옳은지 점검하기의 인지 과정과 말하기(자기교시), 묻기(자기질문), 점검하기(자기점검)의 자기조정 전략이 함께 어우러진 인지·초인지 전략을 개발하였다.

그러나 이렇게 세밀하게 만들어진 수학교수전략조차도 장애학생 개개인의 특성에 따라 수정이 필요(Montague & Bos, 1986)하므로, 지적장애학생들이 수학교수전략을 쉽게 배울 수 있도록 하기 위해서는 교수전략을 다양화(Berkman, 2002)해야 한다. 이렇게 수학 문제해결에 참여하는 지적장애학생 개개인의 특성에 따라 수학교수전략을 다양화하는 것을 ‘수학교수전략의 개별화’라고 할 수 있다. 이러한 수학교수전략의 개별화에는 교사 또는 컴퓨터와 같은 매개를 통해 문제를 읽어주거나(Braddock, Rizzolo, Thompson, & Bell, 2004; Fitzgerald & Koury, 1996), 그림을 제공하거나(Larsen, 1995; Maccini, Gagnon, & Hughes, 2002), 인지 과정을 떠올릴 수 있도록 단서를 제공하거나(Davies, Stock, & Wehmeyer, 2001; Kamann & Wong, 1993), 기억을 회상할 수 있도록 물음(Grossen et al., 2000)을 던지는 등의 다양한 방법들이 활용될 수 있다.

따라서 이 연구에서 사용하는 ‘수학교수전략의 개별화’란 지적장애학생 개개인의 읽

기 능력, 인지적 특성, 초인지적 특성, 동기적 특성을 고려하여 컴퓨터 프로그램을 매개로 다양한 도움들을 적절하게 제공함으로써 수학교수전략을 익힐 수 있도록 하는 접근 방법을 말한다.

## 2) 스캐폴딩 기반 코스웨어

스캐폴딩의 개념이 공학(technology)과 결합되는 상황을 표현하는 것은 연구자들마다 다르다. McLoughlin(1999)는 공학에 기초한 스캐폴딩(technology based scaffolding)이라는 표현을 사용했으며, 공학으로 가능한 스캐폴딩(technology-enabled scaffolding)이라는 표현(Englert, Manalo, & Zhao, 2004)과 스캐폴드된 도구(scaffolding tools)라는 표현(Fretz et al., 2002)을 사용하기도 하였다. 이러한 용어들은 모두 학습자 혼자서는 달성하기 어려운 학습 과제를 완성할 수 있도록 도움을 제공하고자 할 때에 공학을 활용하고자 하는 의도를 내포하고 있다. 또한, 이렇게 공학을 활용하여 제공된 도움은 학습자의 능력이 향상됨에 따라 점진적으로 거둬들여진다는 의미를 내포하고 있다.

따라서 이 연구에서 사용하는 ‘스캐폴딩 기반 코스웨어’는 지적장애학생이 혼자서는 달성하기 어려운 수학 문제해결 기술을 공학적 도움을 통해 완성할 수 있도록, 학습자의 능력 수준에 알맞은 공학적 도움을 제공하고 이러한 도움을 점차적으로 거둬들임으로써 독립적인 학습자가 될 수 있도록 연구자들에 의해 개발된 코스웨어를 말한다.

## II. 스캐폴딩 기반 코스웨어의 개발 절차 및 방법

수학교수전략 개별화를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어의 개발 연구는 다양한 코스웨어 개발 모형에 관한 선행 연구들(권오탁 외, 1999; 한국교육개발원, 1995; 한성희 외, 2002)을 검토한 후, 이 연구에 알맞은 스캐폴딩 기반 코스웨어의 개발 절차 및 방법을 다음과 같이 구안·적용하였다.

### 1. 교육 내용 및 방법 선정

스캐폴딩 기반 코스웨어의 교육 내용은 일반수학교육과정의 1학년 나단계에 있는 받아올림(내림)이 한자리 수의 가감산 문장제 문제 해결(교육부, 2000)이다. 이 내용은 기본교육과정의 수학 III단계(교육부, 2001)보다 상위 단계의 내용으로 일반교육과정 접근을 시도해 보기 위해 선정하였다.

또한, 코스웨어에 적용한 교육 방법은 Montague와 Bos(1986)가 경도 장애학생들의 교육적 필요에 맞게 개발한 인지·초인지 전략이다. 이 전략을 선정한 이유는 수학 문장

제 문제 해결을 위한 여러 전략들 중에서 지적장애학생들에게 폭넓게 적용된 방법이기 때문이다. 이 연구에서는 Montague와 Bos(1986)의 수학교수전략을 6단계의 인지과정(① 문제 읽기, ② 밑줄 긋기, ③ 그림 그리기, ④ 식 세우기, ⑤ 계산하기, ⑥ 확인하기)으로 축소하고, 초인지 전략의 자기교시만을 적용할 수 있도록 수정하였다.

코스웨어의 적용 대상은 수학 문장제 문제 해결에 어려움을 겪는 지적장애학생들을 주된 대상으로 삼았으나, 수학 문장제 문제 해결에 비슷한 어려움을 보이는 모든 학생들에게도 적용될 수 있도록 고려하였다.

## 2. 개발 계획 수립

개발 계획 수립 단계에서는 코스웨어 개발에 앞서 스캐폴딩의 개념에 기초한 코스웨어의 설계 원리를 추출하고, 설계 구조와 구성요소를 밝히기 위해 관련 선행연구를 수집·분석하였다(남윤석과 한성희, 2007).

또한, 개발을 위해 연구자들을 포함하여 공학 관련 전문가(프로그래머) 1인, 프로그램 개발 경험이 있는 특수학교 교사 1인, 수학 교육에 전문성을 가진 초등학교 교사 1인과 함께 개발팀을 구성하였다. 이 개발팀의 협력 작업을 통해 스캐폴딩 기반 코스웨어를 개발하였다.

## 3. 학습자 요구 조사 및 분석

스캐폴딩 기반 코스웨어의 개발에 이용할 수학 문장제 문제들의 난이도 수준을 점검하고, 스캐폴딩 구성요소를 실제적 근거(학습자의 어려움)에 맞추어 설정하기 위해 수문제해결에 관한 학습자 요구 조사를 실시하였다.

학습자 요구 조사를 위한 문장제 문제는 일반수학교육과정의 1학년 나단계 교과서(교육부, 2000)에 있는 문제를 검토한 후, 초등학생들이 일상생활에서 익숙하게 접할 수 있는 32개의 소재(음식, 학용품, 운송수단 등)로 제작되었다. 이러한 문장제 문제들은 <그림 1>과 같이 연산 형태, 문장제 유형, 가감산 구조별로 고루 제작하였으며, 이 중 대표적인 42개의 문장제 문제들을 학습자 요구 조사에서 사용하였다.

학습자 요구 조사는 D시 공립초등학교의 2학년 학생 3학급 104명을 대상으로 실시하였다. 조사에 참여한 104명의 초등학생들 중에는 국어, 수학 교과에서 부진하여 별도의 부진아 지도를 받고 있는 학생 8명이 포함되어 있었다. 문장제 문제는 밑줄긋기, 그림 그리기, 식 세우기, 답 쓰기의 형태로 구성하였으며, 6문제씩 7장의 문장제 학습지로 제작하여 6일간 학생들이 자율적으로 풀어보도록 하였고, 학습 경험의 순서가 난이도에 영향을 주지 않도록 각 학급별로 서로 다른 순서로 학습하도록 하였다.

연산 형태	문장제 유형	가감산 구조	문장제 문제(구술 소재)
덧셈	결합형	(큰수)+ (작은수)	철수는 구슬을 8개 가지고 있습니다. 영희는 구슬을 5개 가지고 있습니다. 철수와 영희가 가지고 있는 구슬은 모두 몇 개입니까?
	비교형	(작은수)+ (큰수)	동생이 5개의 구슬을 가지고 있습니다. 형은 동생보다 8개를 더 가지고 있습니다. 형이 가지고 있는 구슬은 몇 개입니까?
	변화형	(큰수)+ (작은수)	현수는 9개의 구슬을 가지고 있었습니다. 친구가 현수에게 3개의 구슬을 주었습니다. 현수가 가지고 있는 구슬은 몇 개입니까?
뺄셈	결합형	-(작은수)	민주와 성민이는 13개의 구슬을 가지고 있습니다. 이 중에서 민주가 가지고 있는 구슬은 5개입니다. 성민이가 가지고 있는 구슬은 몇 개입니까?
	비교형	-(큰수)	선미는 13개의 구슬을 가지고 있습니다. 친구는 8개의 구슬을 가지고 있습니다. 선미는 친구보다 구슬을 몇 개나 더 가지고 있습니까?
	변화형	-(큰수)	형이 구슬을 17개 가지고 있습니다. 형은 동생에게 8개의 구슬을 주었습니다. 형에게 남아있는 구슬은 몇 개입니까?

<그림 1> 연산 형태, 문장제 유형, 가감산 구조에 따른 문장제 문제(예시)

학습자 요구 조사의 분석 결과, 42개 문장제 문제의 문항 내적 합치도를 나타내는 Cronbach  $\alpha$ 는 .8012로 나타났다. 또한, 문장제 문제의 난이도를 분석한 결과, 문제 제시 순서에 따른 연산 선택의 오류를 나타내는 2개의 변화형 문제를 제외한 모든 문제가 82.8%에서 98.9%의 정답율 범위를 나타내었으며, 평균 91.5%의 정답율을 나타내었다. 문항 내적 합치도 및 난이도의 분석 결과는 42개의 문장제 문제가 비교적 고른 난이도를 나타내기 때문에, 코스웨어 개발시 문제의 난이도를 고려할 필요가 없음을 말해 주었다.

코스웨어 개발에 필요한 스캐폴딩 구성요소를 실제적 근거에 맞추어 설정하기 위해 t검증을 통해 문장제 문제 수행 상에서 나타나는 일반학생들과 부진한 학생들간의 차이점을 밝혔다. t검증 결과, 부진한 학생들은 일반학생들보다 중요한 정보에 밀줄긋는 기술이 부족하였으며, 구체적 그림 표상에서 영상적 그림 표상, 상징과 결합된 그림 표상으로 나아가는 표상 능력이 부족하였고, 식 세우기, 정답 쓰기 등에서 낮은 수행을 보이는 것으로 나타났다. 이는 지적장애학생들을 위한 코스웨어 개발시 밀줄긋기, 그림 그리기(표상하기), 식 세우기, 답 계산하기를 지원하는 스캐폴딩 구성요소를 확인하는 근거가 되었다.

#### 4. 교수 설계

이 단계에서는 스캐폴딩 관련 문헌 분석 연구를 통해 밝힌 코스웨어 설계 구조 및 구성요소에 학습자의 수학기초학습에 대한 요구 분석 결과를 반영하여, 코스웨어 설계 구조 및 구성요소를 공학적으로 더 구체화시키는 작업을 하였다.

수학교수전략 개별화를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어는 문장제 문제 선정 화면, 스캐폴딩 설정 화면, 문제 풀이하기 화면 등으로 구성된 주 프로그램인 「문장제 학습 프로그램」과 이를 지원하는 「문제은행식 문장제 제작 프로그램」 및 「학습 결과 데이터베이스」의 보조 프로그램으로 설계되었다.

「문장제 학습 프로그램」에서 문장제 문제 선정 화면은 학습자들이 다양한 문장제 문제를 접할 수 있도록 사전에 저장되어 있는 문장제 문제들을 교사의 교수적 의도에 따라 선정할 수 있도록 설계하였다. 스캐폴딩 설정 화면은 학습자에게 필요한 공학적으로 도움의 정도를 파악하여 교사가 각 문제해결 과정에 따라 도움의 수준을 결정할 수 있도록 설계하였다. 문제 풀이하기 화면에는 스캐폴딩 구성요소별 엔진들을 탑재하여 수학교수전략의 각 문제해결 과정에서 학습자에게 필요한 도움을 그래픽, 아이콘, 팝업 메뉴, 오디오 등의 컴퓨터 기능을 활용하여 제공하도록 설계하였다.

「문제은행식 문장제 제작 프로그램」은 주 프로그램의 문장제 선정 화면과 연결되어 교사가 다양한 유형의 문장제 문제를 문제은행식으로 제작할 수 있도록 설계하였으며, 「학습 결과 데이터베이스」는 교사로 하여금 학습자의 문제해결 기술 습득 과정을 평가하고, 새로운 교수 계획을 수립할 수 있도록 하기 위해서 학습 과정에서 생겨나는 여러 가지 정보를 저장할 수 있도록 설계하였다.

스캐폴딩 기반 코스웨어 설계를 위한 원시 자료의 생성은 연구자에 의해 1차 원시 자료가 완성되었으며, 이후 개발팀 구성원들과의 5회에 걸친 개별적인 논의를 통해 3차에 걸쳐 수정·보완되었다.

#### 5. 코스웨어 개발

이 단계에서는 원시 자료를 토대로 수학교수전략 교수 적합화를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어의 주 프로그램과 문장제 문제 제작 프로그램 및 데이터베이스를 프로그래밍하고 프로그램 상의 오류를 발견하여 수정하는 디버깅 작업을 수차례 실시하였다.

코스웨어는 InstFunMath.exe라는 최종 파일 1개로 설치부터 실행까지 모두 가능하도록 개발하였는데, 코스웨어 개발 환경과 사용 환경은 다음과 같다.

##### 1) 코스웨어 개발 환경

- 개발용 컴퓨터의 사양

- CPU : Cerleron(R) CPU 2.00GHz(AT/AT COMPATIBLE)
- RAM : 128MB 이상
- HDD : 40 GB 이상
- VGA : 1024×768 해상도의 32 Bit 컬러 이상
- OS : 한글 Windows 2000 Professional
- 코스웨어 개발용 도구
- 코스웨어 개발용 : Microsoft Visual-Basic 6.0 Service Pack5
- 음성 파일 생성: Voiceware
- 그림 파일 제작: ArtPRO, Paint Shop Pro 5.0
- 학습 결과 저장: Microsoft Excel

## 2) 코스웨어 사용 환경

- CPU : Pentium MMX 이상
- RAM : 64MB 이상
- HDD : 1.5GB 이상
- VGA : 1024×768 해상도의 256 컬러 이상
- OS : 한글 Windows 98 이상

또한, 코스웨어의 교수적 적용을 위한 교사용 지침서를 별도로 개발하였다. 교사용 지침서에는 코스웨어의 적용 목적, 적용 대상, 적용 방법, 적용시 유의점, 코스웨어의 구조 등이 구체적으로 제시되었으며, 지필환경에서의 일반화를 위한 문제지, 역동적 평가를 위한 평가기록지 등이 함께 수록되었다. 이 지침서는 전문가 집단을 대상으로 한 타당성 검증 시에 활용되었다.

## 6. 타당성 검증

개발이 완료된 후, 전문가 집단을 대상으로 코스웨어 개발의 타당성 검증을 실시하였다. 지적장애학생들을 직접 지도하는 특수학급 교사 10명을 전문가 집단으로 선정한 후, 이들을 대상으로 교사용 지침서를 배부하고, 코스웨어 개발의 필요성 및 코스웨어 활용 방법을 설명한 후, 코스웨어를 직접 다루어 보도록 하였다. 이러한 실습을 마친 후에 기초 조사를 실시하고, 무기명으로 5점 척도의 코스웨어 타당성 설문에 응답하도록 하였으며, 코스웨어의 적용 가능성과 코스웨어의 좋은 점과 문제점 등을 서술하도록 하였다. 설문 조사 결과는 평점으로 결과를 종합하였으며, 서술한 내용은 유사한 내용을 묶어내는 내용 분석을 실시하였다.

타당성 검증에 참여한 특수학급 교사들은 D광역시 공립초등학교의 특수학급에서

근무하였으며, 이들을 대상으로 한 기초 조사 내용은 <표 1>과 같다.

<표 1> 타당성 검증에 참여한 특수학급 교사들의 기초 조사 내용

기초 조사 내용		조사 결과						
특수교육 경력		3년 미만		3년 이상		계		
		4명		6명		10명		
장애유형별 담당학급 학생 현황		정신지체	지체장애	정서장애	학습장애	시각장애	기타	계
		35명	17명	13명	11명	1명	1명	78명
교육용 소프트웨어 적용 경험		매일 3회 이상	매일 1-2회 정도	주 1-2회 정도	월 1-2회 정도	월 1회 미만		
		0	3명	4명	2명	1명		
수학 문장제 지도 경험	지도 대상	정신지체	학습장애	지체장애	정서장애	계		
		16명	8명	7명	3명	34명		
	지도상의 어려움	매우 쉽다	쉽다	보통이다	어렵다	매우 어렵다		
		0	0	2명	5명	3명		

타당성 검증에 참여한 특수학급 교사 10명은 평균 4년 7개월의 특수교육 경력을 가지고 있었으며, 정신지체 장애학생(학급당 3.5명)을 포함하여 전체 7.8명의 특수아동을 지도하고 있었다. 이들 특수학급 교사들은 교육용 소프트웨어의 적용 경험이 주 1-2회 정도로 많지 않았으며, 학급당 3.4명의 특수아동을 대상으로 수학 문장제를 지도해 본 경험이 있었으나, 많은 교사들이 수학 문장제를 지도하는데 어려움을 겪었던 것으로 나타났다.

### III. 연구 결과

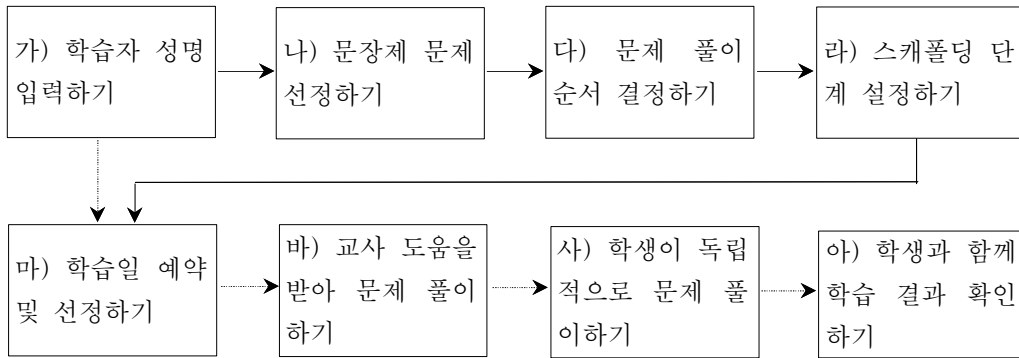
#### 1. 스캐폴딩 기반 코스웨어의 개발

스캐폴딩 기반 코스웨어는 학습자가 수학 문장제 문제를 푸는 주 프로그램인 「문장제 학습 프로그램」과 이를 지원하는 「문제은행식 문장제 제작 프로그램」 및 「학습 결과 데이터 베이스」의 보조 프로그램으로 개발되었다.

##### 1) 「문장제 학습 프로그램」의 화면 개발

「문장제 학습 프로그램」의 사용 순서는 <그림 2>와 같다. 실선으로 안내된 순서

는 교사가 교수 준비를 하기 위한 과정이며, 점선으로 안내된 순서는 학생이 코스웨어를 활용하여 학습하는 과정이다. 이러한 사용 순서에 따라 「문장제 학습 프로그램」은 7개의 화면으로 개발되었다.



<그림 2> 「문장제 학습 프로그램」의 사용 순서

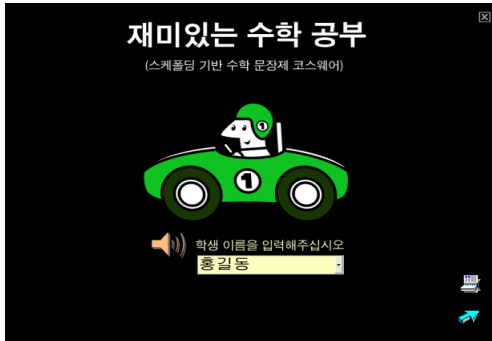
(1) 학습자 성명 입력 화면

프로그램의 시작 화면은 <그림 3>과 같이 학습자의 성명을 입력하도록 되어 있다. 한 번 학습자로 입력하게 되면 다음부터는 성명 입력칸 오른쪽의 화살표(▼)를 클릭하여 등록된 학습자를 불러올 수 있다.

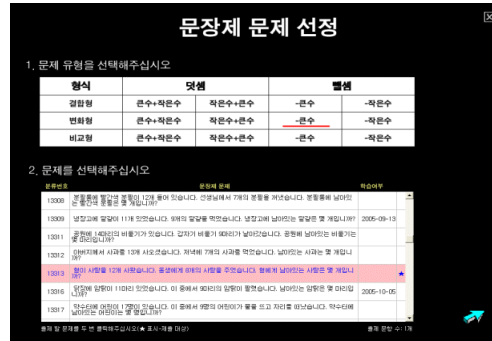
(2) 문장제 문제 선정 화면

문장제 문제 선정 화면에서는 「문제은행식 문장제 문제 제작 프로그램」을 통해 제작된 300여개(32종의 주제×2종의 연산 형태×3종의 문장제 유형×2종의 계산 형태)의 문제들 중에서 교사의 교수 목표에 따라 문제를 선정하게 된다.

<그림 4>와 같이 화면 상단의 문제 유형창에서 문제 유형을 클릭하면 해당 유형의 문제들이 하단의 문제 선택창에 제시되며, 선정하고자 하는 문제를 더블클릭하면 문제 오른쪽에 선정되었음을 알려주는 별표(★)가 생성된다. 이미 학습한 문제를 출제하지 않도록 학습여부 칸에는 학습한 날짜가 제시되며, 출제 문항수가 문제 선택창 오른쪽 아래에 제시되고, 문제는 최대 10개까지 선정할 수 있다.

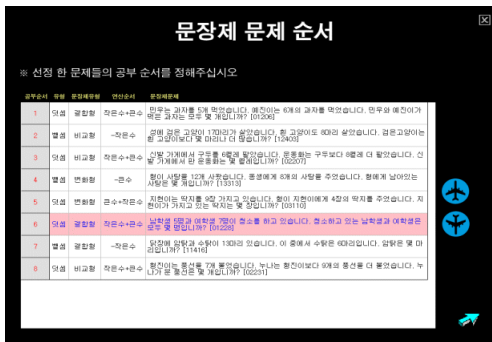


<그림 3> 학생 성명 입력 화면

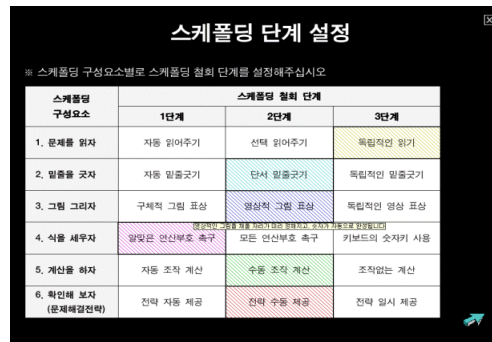


<그림 4> 문장제 문제 선정 화면

(3) 문제 풀이 순서 결정 화면  
 선정된 문제들은 연산 유형, 문장제 유형에 따라 <그림 5>와 같이 화면 오른쪽의 비행기 단추를 이용하여 문제의 위치를 바꿀 수 있다. 덧셈, 뺄셈 또는 뺄셈, 덧셈의 전형적인 순서로 문제를 제시하게 되면 학습자가 패턴에 따라 문제를 해결할 수 있으므로 비전형적인 순서로 문제의 순서를 정할 필요가 있기 때문이다.



<그림 5> 문제 제시 순서 결정 화면



<그림 6> 스캐폴딩 단계 설정 화면

(4) 스캐폴딩 단계 설정 화면  
 스캐폴딩 단계 설정 화면(그림 6)에서는 학습자 능력 수준에 따라 공학적인 지원 내용을 설정하고 이를 점차적으로 철회하게 된다. 교사는 6가지 스캐폴딩 구성요소별로 각 단계의 해당 칸에 마우스를 위치하면 생겨나는 풍선창의 내용을 참고로 하여 스캐폴딩 단계를 설정하게 된다. I 단계에서는 전반적인 공학적 지원이 제공되며, II 단계에서는 부분적인 공학적 지원이 제공되며, III 단계에서는 공학적 지원이 최소화되어 독립적인 학습이 이루어지도록 개발되었다. 초기 화면에서는 모든 스캐폴딩 구성요소별 단계가 I 단계로 설정되어 있으며, 학습자의 진전에 따라 스캐폴딩 단계를 조정하게 되면

다음 학습시에도 이전 학습에서 조정된 스캐폴딩 단계가 적용된다.

기본적으로는 모든 스캐폴딩 구성요소별로 I 단계부터 시작한다고 가정하지만, 학습자 개인의 능력 수준에 따라 각 구성요소별로 II 또는 III 단계에서 시작할 수도 있다. 예를 들어, 읽기 능력은 있지만, 계산 능력이 부족한 학습자는 문제 읽기 III 단계, 계산하기 I 단계부터 시작할 수 있으며, 읽기는 하지만, 관련 정보를 파악하지 못하는 학습자는 문제 읽기 II 단계, 밑줄 긋기 I 단계부터 시작할 수 있다.

각 구성요소별 단계의 진전(지원의 철회)은 한 단계씩 이루어지지만, 두 세가지 구성요소를 한꺼번에 변화시킬 수도 있다. 이러한 구성요소별 단계의 변화는 지필 환경(일반화)에서 학습자가 독립적으로 문제를 해결하는 과정을 관찰하는 가운데, 교사가 역동적 평가를 통해 학습자의 수준을 파악한 후에 결정하게 된다.

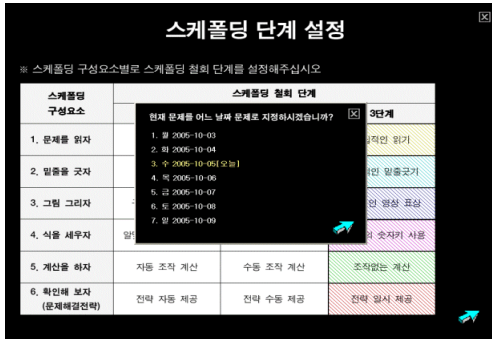
#### (5) 학습일 예약 화면

스캐폴딩 단계를 설정한 후에 다음 화면 단추를 클릭하면 <그림 7>에서와 같이 학습일을 예약할 수 있는 창이 나타난다. 교사는 이 창을 통해 1주일 범위 안에서 문장제 문제를 미리 설정해 놓을 수 있다. 학습일 예약창에 있는 다음 화면 단추를 클릭하면 문제를 바로 풀거나 다시 초기 화면으로 이동할 수 있는 선택창이 나타난다. 계속해서 문제를 예약하고자 하면 '아니오'를 선택하고, 바로 문제를 풀고자 한다면 '예'를 선택한다.

#### (6) 문제 풀이하기 화면

문제 풀이하기 화면은 <그림 9>와 같이 상하, 좌우 순으로 문제 읽기 도구, 표상하기 도구, 전략 제공 도구, 식 세우기 도구, 계산하기 도구, 지우개 아이콘 등으로 구성되어 있다. 각 도구의 개발 내용은 다음 절의 「문장제 학습 프로그램」의 구성요소별 엔진 개발에서 상세히 소개하였다. 화면 오른쪽 하단의 지우개 아이콘은 모든 도구에서의 작업을 지울 수 있는 기능을 하도록 하였으며, 확인하기 작업 이후에는 문제를 처음부터 다시 풀어볼 수 있는 기능으로 사용하도록 하였다.

문제 풀이하기 화면에서 학습자가 문제를 풀어가 는 학습 과정은 <그림 2>에서와 같이 교사 도움을 받아 문제 풀이하기와 학생이 독립적으로 문제 풀이하기로 구분하였다. 이는 학습자가 프로그램 사용에 익숙하지 않은 학습 초기에 전반부에 제시되는 2-3 문제를 설명, 시연, 촉구 등의 교사 도움을 받으면서 문제를 해결할 수 있도록 하기 위한 것이다. 학습자가 어느 정도 프로그램 사용에 익숙해진 이후에는 학습자 혼자서 과제 해결을 해보도록 한 이후에 일정 시간이 지나도 진척이 나타나지 않는 경우에만 도와주는 것이 바람직하다고 하겠다.



<그림 7> 학습일 예약 설정 화면



<그림 8> 학습 결과 확인 화면

(7) 학습 결과 확인하기 화면

문제 풀이하기가 끝난 후에는 <그림 8>과 같은 학습 결과 확인하기 화면에서 학생과 함께 자신이 수행한 내용을 정답과 비교하며 학습 결과를 확인해 볼 수 있다. 얼굴 표정 그림을 통해 지적장애학생들이 정답 여부를 알기 쉽게 판단할 수 있도록 하였다.

2) 「문장제 학습 프로그램」의 구성요소별 엔진 개발

「문장제 학습 프로그램」의 작동을 가능하게 해주는 구성요소별 엔진은 학습자가 사용하기 쉽도록 마우스 클릭, 드래그, 숫자키 사용의 기능만으로 작동할 수 있도록 개발되었으며, 한 화면에 모든 문제 해결 과정이 나타나도록 구성하였다. 인지·초인지 전략에 따른 각 구성요소별 엔진은 학습자에게 필요한 공학적 지원을 제공할 뿐만 아니라, 이를 3단계로 거둬들이는 공학적 지원의 철회가 가능하도록 개발되었다.

(1) 읽어주기 엔진 개발

읽어주기 엔진은 Voiceware를 통해 생성된 음성 파일을 <그림 9>의 왼쪽 상단에 있는 스피커 모양의 읽어주기 아이콘과 링크시커 줌으로써 그 기능을 발휘하도록 개발되었다. I 단계 자동 읽어주기에서는 화면 오른쪽의 전략도구 상자에서 “문제를 읽자”를 클릭하면, 문제가 제시됨과 동시에 자동적으로 문제를 음성으로 읽어준다. 또한, 스피커 아이콘을 클릭하면 반복 청취할 수 있다. II 단계 선택 읽어주기에서는 문제를 자동으로 읽어주지는 않지만, 스피커 아이콘을 클릭하면 반복 청취할 수 있다. III 단계 독립적인 읽기에서는 스피커 아이콘이 없어 읽어주기 기능을 사용할 수 없다.



<그림 9> 스캐폴딩 기반 코스웨어의 구성요소별 엔진 구성 화면

(2) 밑줄 긋기 엔진 개발

화면 상단의 밑줄긋기 엔진은 「문제은행식 문장제 제작 프로그램」을 통해 문제 해결에 필요한 중요한 정보를 사전에 선정해 놓음으로써 그 기능을 발휘하도록 개발되었다. I 단계 자동 밑줄긋기에서는 화면 오른쪽의 전략도구 상자에서 “문제를 읽자”를 클릭하면, 코스웨어 상에서 자동으로 문제 해결에 필요한 중요한 문자, 숫자 정보에 밑줄이 그어진다. II 단계 단서 밑줄긋기에서는 전략도구 상자의 “문제를 읽자”를 클릭하면, 학습자는 연필 모양 커서의 움직임에 따라 중요 정보에 노랑색으로 변화하는 활성화 단서가 제공되고, 학습자는 마우스 드래그로 단서가 제공되는 중요 정보에 밑줄을 그을 수 있게 된다. III 단계 독립적인 밑줄긋기에서는 중요 정보에 대한 활성화 단서가 제공되지 않으며, 학습자는 독립적으로 중요 정보를 찾아 밑줄을 긋게 된다.

(3) 표상하기 엔진 개발

화면 중앙의 표상하기 엔진은 구체적 그림, 영상적 그림, 숫자 상징의 연결이 단계적으로 이루어질 수 있도록 개발되었는데, 문장제 문제의 숫자 정보와 연결되는 소재의 구체적 그림을 제시하는 그림 도구, 숫자 정보에 알맞게 그림을 그려 넣을 수 있는 두 개의 다이어그램, 그림을 그려 넣을 때마다 변화하는 숫자로 구성되었다. 이러한 표상하기 엔진의 각 구성요소는 「문제은행식 문장제 제작 프로그램」을 통해 사전에 그림 파일을 연결해 놓거나 숫자 및 문자를 입력해 놓음으로써 그 기능을 발휘하도록 개발되었다.

I 단계 숫자 정보와 구체적 그림 표상에서는 구체적 그림 표상을 그려 넣을 수 있

는 다이어그램 내의 칸이 숫자 정보에 맞게 제공되며, 그림을 그려 넣을 때마다 숫자가 변화하며 해당 숫자를 읽어주게 된다. II단계 숫자 정보와 영상적 그림 표상에서는 구체적 그림 대신에 영상적 그림 표상(□)을 그려 넣을 수 있는 다이어그램 내의 칸이 숫자 정보에 맞게 제공되며, 그림을 그려 넣을 때마다 숫자가 변화하며 해당 숫자를 읽어주게 된다. III단계 독립적인 영상 표상에서는 영상적 그림 표상을 그려 넣을 수 있는 다이어그램 내의 칸이 숫자 정보와 관계없이 항상 20개씩 제공되며, 숫자 정보는 제공되지 않는다.

(4) 식 세우기 엔진 개발

화면 왼쪽 하단의 식 세우기 엔진은 식을 입력할 수 있는 칸, 식 세우기에 필요한 숫자 및 연산 부호를 키보드의 숫자키 배열 형식에 맞게 제공하는 숫자판, 연산 부호 클릭시 학습자의 신중한 생각을 유도하는 발문 및 음성 축구로 구성되었다.

I 단계 알맞은 연산 부호 축구와 II단계 모든 연산 부호 축구에서는 기본적으로 식 세우기에 필요한 숫자판이 제공된다. I 단계에서는 연산 부호 선택시 옳은 연산 부호를 선택하면, “더하기(빼기)를 해야 하나요?”라는 발문 축구가 1회 제공되고, 다음에도 똑같은 연산 부호를 클릭해야 입력이 가능하다. 또한, 그른 연산 부호를 선택하면, 발문 축구가 2회까지 제공되고, 세 번째에도 그른 연산 부호를 클릭하면, 옳은 연산 부호를 알려주는 “이 문제는 더하기(빼기)를 해야 합니다.”라는 음성 축구를 제공한다. II단계에서는 학습자가 선택하는 연산 부호의 옳고 그름에 관계없이 1회의 발문 축구가 제공되며, 똑같은 연산 부호를 연속해서 클릭했을 때에 입력된다.

III단계 축구없이 키보드의 숫자키 사용에서는 화면 상에 숫자판이 제공되지 않기 때문에 학습자는 키보드의 숫자키를 사용해 식을 입력해야 하며, 연산 부호에 대한 발문 및 음성 축구 기능도 없다.

(5) 계산하기 엔진 개발

계산하기 엔진은 화면 하단의 오른쪽에 조작적인 계산이 이루어질 수 있도록 한 계산 도구와 답을 입력할 수 있는 칸, 단위를 보여주는 칸으로 구성되어 있다. 계산 도구는 표상하기 엔진과 연결되어 표상하기 I 단계에서는 구체적 그림이 제시되며, II, III단계에서는 영상적 그림이 제시된다. 답은 식 세우기 엔진에서 이용한 숫자판을 이용하거나 키보드의 숫자키를 이용할 수 있도록 하였으며, 단위는 문제 해결 능력과 직접적인 관련이 없는 부수적인 정보이므로 답을 입력한 후에 깜박임 단서를 제공하여 클릭하면 나타나도록 하였다.

I 단계 자동 조작 계산에서는 학습자가 세운 식에 따라 계산 도구가 자동으로 조작적인 계산을 하게 된다. 이 때에 덧셈식일 경우에는 계산 도구 상단의 그림 상징(□)이 연속해서 그려지는 모습을 보여준다. 뺄셈식일 경우에는 상단의 그림 상징이 한 번 그

려지고, 하단의 빼기 상징(/)이 그 위에 그려지는 모습을 보여준다. 이러한 자동 조작 계산이 이루어지도록 하기 위해 식 세우기 과정에서 1에서 20의 범위를 벗어나는 식을 세운 경우에는 식을 지우고 다시 식을 세우도록 하는 안내 촉구를 제공하였다.

Ⅱ단계 수동 조작 계산에서는 학습자가 계산 도구를 이용하여 수동으로 조작적인 계산을 하게 된다. 이 때에 학습자가 식에 맞는 올바른 조작을 하는지의 여부에 대한 피드백은 없다. Ⅲ단계 조작 없는 계산에서는 학습자가 완성한 그림을 보며, 정신적인 조작을 할 수 있도록 계산 도구가 사라지며, “마음 속으로 계산해 보세요”라는 문자와 음성만이 제공된다.

#### (6) 확인하기 엔진 개발

확인하기 엔진은 학습자가 문제 해결 과정을 점검할 수 있도록 학습자의 주의를 자신이 작업한 내용에 차례대로 옮겨가도록 붉은 색 테두리의 깜박임 단서로 그 기능을 발휘하도록 하였다. 확인하기 엔진은 그 기능이 단순하여 전략 사용 엔진과 함께 작동하도록 하였다.

I 단계에서는 화면 오른쪽의 전략도구 상자에서 “확인해 보자”를 클릭하면, 문제 해결 전략 순서에 따라 학습자가 주의를 모아야 하는 하나의 작업 내용에만 단서가 제공되며, 이와 동시에 전략도구 상자 내의 해당 내용이 밝게 나타난다. 학습자가 마우스를 클릭할 때마다 이러한 단서는 다음 작업 내용으로 이동하게 된다. 마지막 계산하기의 작업 내용까지 점검한 이후에야 다음 문제로 넘어갈 수 있는 다음 화면 아이콘(✓)이 나타난다.

Ⅱ단계에서는 문제 해결 전략 순서에 관계없이 학습자가 점검해야 할 모든 작업 내용에 한꺼번에 단서가 제공되며, 학습자는 한 번의 마우스 클릭으로 깜박임 단서를 해제할 수 있다. 깜박임 단서가 해제된 후에 다음 화면 아이콘이 나타난다. Ⅲ단계에서는 학습자 스스로 점검할 수 있도록 이러한 단서가 제공되지 않으며, 처음부터 다음 화면 아이콘이 제시된다.

#### (7) 전략 사용 엔진 개발

전략 사용 엔진은 수학교수전략의 내용이 순서대로 들어있는 화면 오른쪽의 전략도구 상자를 통해 그 기능을 발휘한다. 전략 도구 상자 내의 그림 아이콘은 전략의 내용을 연상할 수 있는 그림으로 제작하였으며, I, Ⅱ단계에서는 각 전략의 내용을 클릭할 때마다 커서가 해당 그림 아이콘으로 변화하도록 개발하였다.

I 단계 전략 자동 제공에서는 학습자가 순서대로 문제 해결 과정을 수행할 수 있도록 과제 수행 단계에 따라 학습자가 작업할 수 있는 도구가 차례대로 하나씩 나타나며, 전략 도구 상자 내의 해당 내용이 밝은색으로 강조되고 음성 단서가 함께 제공된다. 과제 수행 단계에 따라 제시되는 도구를 이용하지 않으면 다음 단계로 나아갈 수 없도록

하였으며, 과제를 수행하고 다음 단계로 가기 위해서는 전략 도구 상자 내의 해당 내용을 클릭하여 그림 아이콘을 제자리에 놓은 후 다음 내용을 클릭하여 커서를 새로운 그림 아이콘의 형태로 변환시키도록 하였다.

Ⅱ단계 전략 수동 제공에서는 과제 수행 단계에 따른 전략 순서에 대한 단서가 없고 모든 작업 도구가 한꺼번에 제시되며, 전략 도구 상자 내의 해당 내용을 클릭할 때마다 음성 단서만이 제공된다.

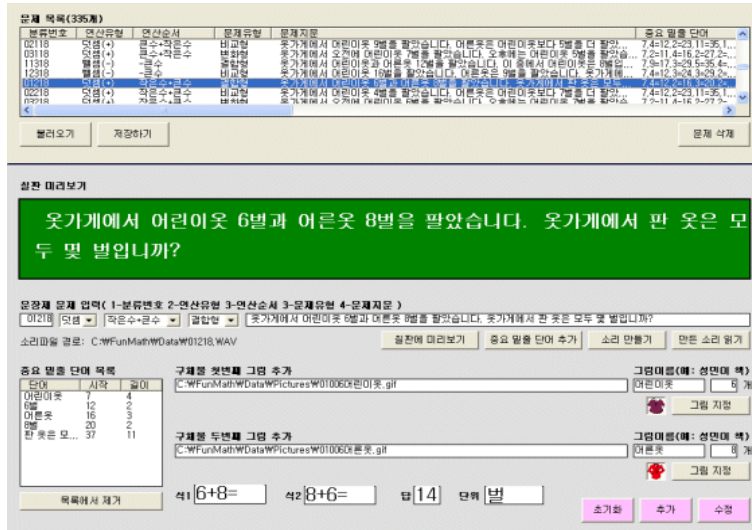
Ⅲ단계 전략 일시 제공에서는 전략 도구 상자의 흔적만이 남아있고, 학습자가 전략을 회상하기 위해 해당 내용을 클릭하면, 클릭하고 있는 동안만 그림 아이콘과 전략의 내용을 보여주며, 음성 단서는 제공되지 않는다.

### 3) 「문제은행식 수학 문장제 제작 프로그램」의 개발

「문장제 문제 제작 프로그램」은 앞서 소개한 「문장제 학습 프로그램」을 지원하기 위한 프로그램으로 <그림 10>과 같이 한 화면으로 구성되었다. 이 프로그램에는 연구자가 제작한 300여개의 문장제 문제가 문제 은행식으로 저장되어 있다. 교사의 의도에 따라 저장되어 있는 문제를 수정하거나 새로운 문제를 생성할 수 있다.

새로운 문제를 생성하기 위한 과정은 다음과 같다.

- 화면 중앙의 문장제 칸에 분류 번호, 연산 유형, 연산 순서, 문제 유형을 입력하는데, 이는 코스웨어 및 데이터베이스와의 연결을 위한 것이다.
- 문제 지문을 입력한 후에 칠판에 미리보기 단추를 클릭하면, 초록색 칠판 창에 문제가 나타난다.
- 문제 지문을 입력한 칸에서 중요한 정보(낱말 또는 숫자 정보)를 마우스로 드래그한 후에 중요 단어 밑줄 추가 단추를 누르면, 드래그한 중요 정보가 왼쪽 하단의 중요 밑줄 단어 목록에 저장된다.
- 소리 만들기 단추를 클릭하면 Voiceware 프로그램과 연동하여 문제 내용을 읽어 주는 wav 파일을 생성하여 해당 문제와 연결시켜 주며, 만든 소리 읽기 단추를 이용하여 생성된 음성 파일을 확인해 볼 수 있다.
- 그림 이름을 8글자 이내로 간단하게 입력한 후, 해당 그림의 개수를 숫자 정보에 맞게 입력하고, gif 등의 그림 파일을 불러온다.
- 덧셈의 경우에는 두 개의 식을 뺄셈의 경우에는 한 개의 식을 입력하고 답과 단위를 입력한다.



<그림 10> 문장제 문제 제작 프로그램 화면

4) 「학습 결과 데이터 베이스」의 개발

「문장제 학습 프로그램」을 이용하여 학습한 결과는 데이터베이스에 날짜별, 학생별로 누적되도록 하였다. <그림 11>과 같이 데이터베이스에서는 스캐폴딩 단계 설정의 내용이 순서대로 저장되며, 문제 풀이 순서, 문제 분류 번호, 연산 형태, 문제 유형, 학생 입력식, 학생 입력답, 식과 답의 정답 여부, 연산 부호 선정시 코드웨어 상에서 제공되는 발문 축구수, 문제 풀이 횟수, 문제 풀이 시간(초 단위)의 자료를 저장하게 된다.

학급명	이름	1	2	3	4	5	6	문	부호	연산형	문장형	입력식	입력답	식	답	정답	횟수	시간(초)	
20050203	가혜정	1	2	2	1	2	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20050203	박재현	1	2	2	3	1	2	2	1	12408	별(사)	별(사)	별(사)	14-7a	7	0	0	1	448
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20050203	가혜정	1	2	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20050203	임호석	1	3	2	3	3	2	3	7	12408	별(사)	별(사)	별(사)	14-7a	7	0	0	1	448
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

<그림 11> 학습 결과 DB 화면

<그림 12> 학습 결과 엑셀 변환 화면

또한, 이 「학습 결과 데이터베이스」에서는 <그림 12>와 같이 엑셀 파일로 변환할 수 있는 기능을 부여함으로써 학습 결과를 보기 좋게 정리하여 출력해 보거나, 통계 및 그래프 작성 등의 학습 결과를 활용하는 작업이 가능하도록 하였다.

## 2. 스캐폴딩 기반 코스웨어의 타당성 검증 결과

특수학급 교사들을 대상으로 한 스캐폴딩 기반 코스웨어의 타당성 검증 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 코스웨어의 타당성 설문 조사 결과

구분	설문 문항	평균점 (5점 만점)
코스웨어의 개발 원리	이 코스웨어는 스캐폴딩의 교수적 원리를 잘 반영하고 있다.	4.6
	이 코스웨어는 기존의 교육용 소프트웨어와는 다르다.	4.3
	이 코스웨어의 구조는 지적장애학생들의 타교과의 학습에도 확산시킬 필요가 있다.	4.5
코스웨어 적용의 효과성	이 코스웨어를 활용하는 교수 방법은 지적장애학생에게 수학 문장제를 가르치는 다른 교수 방법보다도 효과적인 것이다.	4.7
	이 코스웨어의 적용은 지적장애학생의 수학 문제해결 기술을 증진시키는데 효과적인 것이다.	4.6
	이 코스웨어의 적용은 지적장애학생의 교육적 필요에 맞게 수학교수전략을 개별화하는데 효과적인 것이다.	4.5
	이 코스웨어를 적용하면, 문제해결 과제에 참여하는 지적장애학생의 독립성을 증진시키는데 효과적인 것이다.	4.2
코스웨어의 실제 적용 가능성	이 코스웨어는 내 학급의 장애학생들에게도 적용 가능하다.	4.4
	나는 이 코스웨어를 내 학급의 장애학생들에게 실제 적용해 보고 싶다.	4.8
	이 코스웨어를 실제 지적장애학생에게 적용하는 방법은 쉽다.	3.9

코스웨어의 개발 원리에 관한 설문에서 대부분의 특수학급 교사들이 이 코스웨어가 스캐폴딩의 교수적 원리를 잘 반영하고 있으며, 기존의 교육용 소프트웨어와는 다르며, 이러한 코스웨어의 구조는 지적장애학생의 타교과 학습에도 확산시킬 필요가 있다는 데에 매우 긍정적인 반응을 나타냈다.

코스웨어 적용의 효과성을 묻는 설문에서는 이 코스웨어를 활용하는 교수 방법이 다른 교수 방법보다도 효과적인 것이라고 생각하였으며, 이 코스웨어의 적용이 지적장애학생의 수학 문제해결 기술 증진, 학습자의 교육적 필요에 맞는 수학교수전략의 개별화, 문제해결 과제 수행의 독립성 증진에 매우 효과적인 것이라는 반응을 나타냈다.

코스웨어의 실제 적용 가능성에 관한 설문에서는 대부분의 특수학급 교사들이 이 코스웨어는 담당 학급의 학생들에게 적용 가능하고, 실제 적용해 보고 싶다는 반응이 매우 높게 나타났으나, 이 코스웨어를 실제 지적장애학생에게 적용하는 방법이 쉬운가

를 묻는 문항에서는 다소 덜 긍정적인 반응을 보여주었다.

특수학급 교사들에게 담당하고 있는 학생들 중에 이 코스웨어를 적용하면 효과적이겠다 싶은 아동을 구체적으로 명시하도록 요구하였는데, 정인지체, 정서장애, 학습장애, 지체장애 학생 16명이 적용 가능한 것으로 나타났다. 이는 학급당 7.8명의 장애학생 중 20.5%에 해당하며, 고학년(11명)뿐만 아니라, 저학년(5명) 학생들에게도 적용 가능하다고 생각하는 것으로 나타났다. 특수학급 교사들은 이들 장애학생들이 문제해결 전략 습득의 어려움, 읽기의 어려움, 계산의 어려움, 독립성의 부족, 문장제 이해의 어려움, 식 세우기의 어려움, 문장제 문제에 대한 거부감 등의 어려움을 가지고 있으며, 코스웨어가 이러한 어려움을 해결하는데 도움이 될 것으로 기술하였다.

코스웨어의 장점과 문제점을 작성하도록 한 서술식 문항의 답변을 분석한 결과, 특수학급 교사들은 개별화의 용이성(5명), 문제해결 전략의 체계적인 습득(5명), 흥미 유발과 주의집중(4명), 자기 주도적 학습의 가능성(4명), 자기 교시를 통한 초인지 학습(3명) 등의 내용을 이 코스웨어의 장점으로 기술하였다. 또한, 특수학급 교사들은 오답이 나온 과정에 대한 상세한 결과 피드백의 제공이 필요(4명)하며, 화면 구성 문제점 및 부가적인 기능의 필요성에 대한 의견을 제안하였다.

#### IV. 결론

이 연구에서는 지적장애학생들이 수학 문장제 문제해결 과정에서 겪는 어려움을 극복할 수 있도록 공학적 지원을 제공하고 이를 전반적인 지원, 부분적인 지원, 독립적인 수행의 3단계 수준으로 거둬들일 수 있는 7가지 스캐폴딩 구성요소별 엔진(읽어주기, 밑줄긋기, 표상하기, 식 세우기, 계산하기, 확인하기, 전략 사용)을 개발하였다. 이러한 엔진을 탑재하여 지적장애학생에게 수학교수전략을 개별화하여 적용할 수 있는 「문장제 학습 프로그램」과 이를 지원하기 위한 「문제은행식 문장제 제작 프로그램」 및 「학습 결과 데이터베이스」가 패키지화된 스캐폴딩 기반 코스웨어를 개발하였다. 또한, 이렇게 개발된 코스웨어의 타당성 평가를 위해 10명의 특수학급 교사를 대상으로 코스웨어의 개발 원리, 적용의 효과성, 실제 적용 가능성 등을 묻는 설문 조사를 실시하여 대부분의 문항에서 매우 긍정적인 반응을 얻을 수 있었다.

이 연구에서 개발한 지적장애학생의 수학교수전략 개별화를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어는 다음과 같은 의미를 갖는다고 할 수 있다.

첫째, 이 코스웨어는 수학 문제해결과 같은 높은 수준의 학습 과제를 과제 수준을 낮추지 않은 상태에서 지적장애학생 개인의 능력 수준에 알맞게 개별화하여 적용할 수 있도록 개발하였다는 데에 그 의미가 있다. 지적장애학생이 혼자서 해결하기 어려운

과제를 가르치게 되는 경우, 교사들은 흔히 과제의 목표 수준을 낮추는 수정을 하거나, 과제를 여러 개의 작은 과제로 나누는 과제분석식 접근을 하게 된다. 그러나 과제분석식 접근은 단순 계산과 같은 비교적 쉬운 학습 과제를 해결하는 데에는 적절할 수 있지만, 수학 문제해결과 같은 종합적이고 높은 수준의 사고력을 요하는 학습 과제를 해결하는 데에는 제한적이며, 목표 수준의 하향 수정은 본래의 목표에 도달하지 못하는 결과를 초래한다. 이 연구에서는 기본교육과정의 수준을 넘어서는 수학 문장제 문제해결이라는 학습 과제를 소재로 그 목표 수준이나 내용을 훼손함이 없이 지적장애학생 개개인에게 필요한 다양한 도움을 제공하고 점차적으로 거둬들이는 스캐폴딩의 개념에 기초한 접근을 시도하였다. 이러한 교수적 접근 방식은 기존의 하향식 교수적 수정이나 과제분석식 접근과 달리 지적장애학생들이 일반교육과정에 접근할 수 있는 기회를 마련해주는 새로운 접근법이라 할 수 있다.

둘째, 학습을 지원하기 위한 기존의 많은 소프트웨어에서는 지원을 구현(Metcalf, 1999)하는데 그쳤는데, 이 연구에서 개발한 코스웨어는 지원뿐만 아니라, 독립적인 수행 능력을 길러주기 위한 점진적인 철회 과정을 코스웨어 상에서 구현하였다는 데에 의의가 있다. 정보처리이론에 토대를 둔 컴퓨터 프로그램에서는 여러 가지 지원을 통해 인지적 짐(load)을 줄이려는 노력을 했다고 할 수 있으나, 스캐폴딩의 개념이 제공된 컴퓨터 프로그램에서는 학습자와 인지적 짐을 공유한다(Azevedo et al., 2003)고 할 수 있으며, 이러한 인지적 짐은 점차 프로그램에서 학습자에게로 옮겨가는 과정을 통해 독립적이고 자기주도적인 학습자(Leiberman & Linn, 1991)를 만들어간다. 타당성 평가에서 특수학급 교사들 대부분이 이 코스웨어가 스캐폴딩의 교수적 원리를 잘 반영하고 있으며, 기존의 코스웨어와는 다르다는 문항에 매우 긍정적인 반응을 보여준 것은 이제까지의 소프트웨어와는 달리 독립적인 수행 능력을 길러주기 위한 점진적인 철회 과정을 구현하였다는 점을 수긍한 것이라 할 수 있다.

셋째, 스캐폴딩 기반 코스웨어는 교수 이론에 기반을 두었으며, 행동주의 이론으로부터 인지적 구성주의와 사회적 구성주의 이론의 장점을 활용하는 새로운 수학 교수의 혼합 모델로 개발되었다. Larsen(1995)은 장애학생들을 위해 양질의 공학 활용이 이루어지기 위해서는 교수 이론이 기반이 되어야 한다고 하였으며, Goldman 등(1997)은 여러 이론들 속에서 장점만을 활용하는 수학 교수의 혼합 모델을 개발하고 실현해 볼 필요가 있음을 말하고 있다. 이 연구에서는 사회적 구성주의 이론의 스캐폴딩 개념을 코스웨어 개발의 구조로 활용하였으며, Montague와 Bos(1986)의 인지·초인지 전략을 교수 방법으로 활용하였고, 독립적인 수행을 돕기 위해 행동주의 이론의 다양한 촉구 방법을 검색 엔진에 구현하였다. 따라서 이 연구에서 개발한 코스웨어는 여러 교수 이론의 장점을 활용한 새로운 혼합 모델이라 할 수 있다.

이 연구의 성과를 확산시키기 위해서는 다수의 지적장애학생들을 대상으로 개발한 스캐폴딩 기반 코스웨어를 적용해보는 실험 연구가 후속되어야 할 필요가 있다.

## 참고문헌

- 교육부(2000). **수학 1-나**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육부(2001). **기본교육과정 수학 3**. 서울: 대한교과서주식회사.
- 권오탁, 이복기, 이윤수(1999). **시스템 분석과 설계론**. 서울: 정일.
- 남윤석, 한성희(2007). 지적장애학생의 수학 문제해결 교수를 위한 스캐폴딩 기반 코스웨어 설계. **정보처리학회논문지B**, 14-B(1), 43-50.
- 한국교육개발원(1995). **교사를 위한 코스웨어 설계 입문서**. 한국교육개발원.
- 한성희, 곽승철, 김삼섭, 황도순(2002). **재활공학장치 교수학습용 멀티미디어 교육매체**. 공주대학교 특수교육연구소 편.
- Azevedo, R., Cromley, J. G., Thomas, L., Seibert, D., & Tron, M. (2003). *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)
- Berkman, P. (2002). *Strategy instruction, ERIC Digest*. ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education, Arlington, VA.(BBB36343). (ERIC Document Reproduction Service No. ED474302)
- Biemiller, A., & Meichenbaum, D. (1998). The consequences of negative scaffolding for students who learn slowly-A commentary on C. Addison Stone's "The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities". *Journal of Learning Disabilities*, 31(4), 365-369.
- Braddock, D., Rizzolo, M. C., Thompson, M., & Bell, R. (2004). Emerging technologies and cognitive disability. *Journal of Special Education Technology*, 19(4), 49-56.
- Cromley, J. G. (2000). Learning with computers: The theory behind the practice. *Focus on Basics*, 4(c). Retrieved March 27, 2005, from <http://gesweb.harvard.edu/~ncsall/fob/2000/cromley.html>
- Davies, D. K., Stock, S. E., & Wehmeyer, M. L. (2001). 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*, 36(1), 107-113.
- Englert, C. S., Manalo, M., & Zhao, Y. (2004). I can do it better on the computer: The effects of technology-enabled scaffolding on young writers' composition. *Journal of Special Education Technology*, 19(1), 5-21.
- Fitzgerald, G. E., & Koury, K. A. (1996). Empirical advances in technology-assisted instruction for students with mild and moderate disabilities. *Journal of Research on Computing in Education*, 28(4), 526-254.
- Fretz, E. B., Wu, H. K., Zhang, B., Davis, E. A., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2002). An investigation of software scaffolds supporting modeling practices. *Research in Science Education*, 32(4), 567-589.
- Goldman, S. R., Hasselbring, T. S. & the Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1997). Achieving meaningful mathematics literacy for students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 30(2), 198-208.
- Grossen, B., Davis, B., Caros, J., & Billups, L. (2000). *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>.

- Guzdial, M., & Kehoe, C. (1998). Apprenticeship-based learning environments: A principled approach to providing software-realized scaffolding through hypermedia. *Journal of Interactive Learning Research*, 9(3/4), 289-336.
- Hogan, K., & Pressley, M. (1997). *Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues*. Cambridge, MA: Brookline Books.
- Howell, R. D. (1990). Technology and change in special education: An interactional perspective. *Theory into Practice*, 29(4), 276-282.
- Kamann, M. P., & Wong, B. Y. L. (1993). Inducing adaptive coping self-statements in children with learning disabilities through self-instruction training. *Journal of Learning Disabilities*, 26(9), 630-638.
- Kramarski, B., & Zeichner, O. (2000). Using technology to enhance mathematical reasoning: Effects of feedback and self-regulation learning. *Education Media International*, 38(2/3), 77-82.
- Larkin, M. J. (2001). Providing support for student independence through scaffolded instruction. *Teaching Exceptional Children*, 34(1), 30-34.
- Larsen, S. (1995). What in "quality" in the use of technology for children with learning disabilities?. *Learning Disability Quarterly*, 18(2), 118-130.
- Lieberman, D. A., & Linn, M. C. (1991). Learning to learn revisited: Computers and the development of self-directed learning skills. *Journal of Research on Computing in Education*, 23(3), 373-395.
- Maccini, P., Gagnon, J. C., & Hughes, C. A. (2002). Technology-based practices for secondary students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 25(4), 247-261.
- McLoughlin, C. (1999). *Scaffolding: Applications to learning in technology supported environments*. In ED-MEDIA 99 World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia & World Conference on Educational Telecommunications, Seattle, WA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED446740)
- McLoughlin, C., & Oliver, R. (1998). Maximising the language and learning link in computer learning environments. *British Journal of Educational Technology*, 29(2), 125-136.
- Metcalf, S. J. (1999). *The design of guided learner-adaptable scaffolding in interactive learning environments*(Unpublished doctoral dissertation, The University of Michigan). Digital Dissertations On Demand, No. 9959821.
- Montague, M., & Bos, C. S. (1986). The effect of cognitive strategy training on verbal math problem solving performance of learning disabled adolescents. *Journal of Learning Disabilities*, 19(1), 26-33.
- Montague, M., Warger, C., & Morgan, T. H. (2000). Solve it! strategy instruction to improve mathematical problem solving. *Learning Disabilities Research & Practice*, 15(2), 110-116.
- Quintana, C., Krajcik, J., & Soloway, E. (2002). *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)

## Development of Course Based on Scaffolding for Individualizing Math Teaching Strategy of Students with Intellectual Disabilities

**Nam, Yun-Sug**

Uiduk University

**Han, Seong-Hee**

Kongju National University

### <Abstract>

The purposes of the study were to develop scaffolding based courseware for individualizing math teaching strategy to students with intellectual disabilities, and to confirm verification of the courseware.

The scaffolding based courseware was developed by systematical procedures. This courseware was comprised seven technological supports(reading, highlighting, visualizing, hypothesizing, computing, checking and using strategies). The supports were decreased by three steps as the learners became to have skills to solve their mathematical word problems independently.

10 special education teachers participated to verify of the scaffolding based courseware. The results of verification implied high application possibility of the scaffolding based courseware.

This courseware, focused on interactions among learners, teachers, and technology in reflection of a social constructivism theory, showed a new hybrid model of using technology in math teaching. To generalize of this courseware, different experimental studies including children with intellectual disabilities are needed in the future.

**Key words:** Intellectual Disabilities, Math Teaching Strategy, Individualize, Scaffolding, Courseware

---

논문 접수: 2007. 8. 1    심사 시작: 2007. 8. 5    게재 확정: 2007. 9. 21