

문제 해결 및 수학 개념 지도에 있어서 CAI의 역할

석 용 징
강원대학교

I. 배경

1969년 8월 25일부터 6일간 프랑스에서 개최되었던 ICMI(수학 교육 국제 위원회) 주최의 제 1회 수학 교육 국제 회의의 결의문 제 1항을 보면[7] "세계의 모든 국가는 수학 교육의 현대화를 내용에서 뿐만 아니라 그것을 지도하는 방법에 있어서도 될 수 있는 한 강력히 추진해야 한다. 내용과 방법은 분리 불가능한 것이다. 그리고 끊임없이 주의깊게 조사를 해야 한다."로 되어 있다. 이것으로 미루어 지도 내용의 연구도 중요하지 마는 지도방법의 현대화도 또한 시급하고 중요한 것이다.[5] 또 계속해서 4항에서는 "수학 교육의 내용과 방법은 급격한 발전을 보이고 있다. 따라서 수학교사는 재직중에 그 연구를 한층 더 추구할 기회를 가져야 한다."로 되어 있어 수학 교육의 현대화가 내용에 못지않게 지도 방법에 있어서도 이루어지고 있음을 시사한바 있다.

20세기의 중요한 사회적 변화의 하나로 컴퓨터의 보편화를 들 수 있다. 컴퓨터의 보편화는 컴퓨터에 대한 올바른 이해와 기초적인 조작능력을 습득할 필요성을 제기하였으며 나아가 모든 사람을 대상으로 하는 컴퓨터 소양(Computer Literacy) 교육의 필요성을 제기하였다.

Donald Michael(1982)은 그의 "준비되지 않은 사회"라는 한 연구에서 컴퓨터가 생활의 중요한 도구로서 이용되는 미래의 정보화 사회에서 컴퓨터에 대한 무지는 읽기, 쓰기, 셈하기에 대한 무

지와 마찬가지로 사람을 기능적 문맹이 되게 한다고 말한 바 있다. 아시아 지역에서는 호주, 싱가포르 등의 국가에서도 정부 차원에서의 체계적인 노력이 시도되고 있음이 '84년도에 아시아 지역교육 공학 세미나에서 보고된 바 있어 우리에게 좋은 경증이 되었다.

NCTM(National Council of Teachers of Mathematics)(1980)에서는 "An Agenda for Action"에서[2] "1980년대의 수학 프로그램은 전 학년에서 컴퓨터의 힘을 최대한 이용하여야 한다."고 권고하고 있으며 1981년에는 "Priorities in School Mathematics: Executive Summary of the PRISM Project"에서[3] "비전문가들이 전문가 보다 컴퓨터의 활용강조에 더 많은 지지를 해야 하며 수학교사들은 다른 분야의 동료 교사 보다 컴퓨터에 대한 지식과 수업에 이용한 경험이 조금 더 많을 것이므로 이 유용한 기술을 활용하는 책임을 감당해야 될 것이다."로 밝히고 있어 수학교육에서의 컴퓨터 활용이 매우 시급한 과제이며 수학교사의 중요한 역할을 시사하고 있다.

II. 교육 공학과 CAI

아즈마[8]에 의하면 교육 공학을 전자·전기·기계 공학에 입각한 교육 공학, 행동 과학에 기반을 둔 교육 공학, 인간 공학의 일부로서의 교육 공학의 세가지로 분류하고 있으며 교수의 목적으로 사용되는 전기 기구나 기계적인 기구, 골

하드웨어(Hardware)를 제공하는 공학 기술의 응용으로서 녹음기, 영사기, 판등기, 텔레비전, 비디오(VCR), 티칭 머신(Teaching Machine)에서 전자계산기(Calculator)를 중심으로 한 교육 기기, 특히 컴퓨터 등이 첫번째 의미의 교육 공학의 대상이 될 것이다.

최근들어 교수-학습 교재 개발의 향상과 컴퓨터 활용 가능성의 보편화는 교육자들에게 개별화 수업 모형의 탐색과 아울러 보다 나은 수업 체제의 실현을 위한 수단을 제공하고 있다. 10년전만 해도 컴퓨터 그래픽(Computer graphics)은 커다란 컴퓨터에서만 가능했으나 오늘날에는 일반적인 마이크로 컴퓨터(Micro-Computer)에서도 가능하며 컴퓨터의 능력은 점차 향상되고 가격은 점차 하락하면서 학교에서도 컴퓨터의 활용이 보편화 추세에 있다.

컴퓨터 보조 수업(Computer Assisted Instruction: CAI)은 1960년 초 유명했던 프로그램화된 교과서(Programmed Textbook), 티칭 머신(Teaching machine), 프로그램 수업(Programmed Instruction)의 결합을 극복하는 학습 보조 도구로 인식되게 되었으며 그 발전 역시 꾸준히 이루어져 왔다. 학생과 컴퓨터의 직접적인 상호 교호작용(interaction)은 텔레비전 화면과 같은 스크린인 CRT(Cathode-Ray Tubes)과 키보드(keyboard)등을 포함하는 터미날을 통하여 능동적으로 이루어진다. 컴퓨터를 개별화 학습에 적용하기 위한 일차적인 시도는 직접 컴퓨터에 의한 지시를 제공하는 영역에서 출발하는 데 이러한 교수-학습 유형을 컴퓨터 보조 수업(CAI)이라 할 수 있다. 소프트웨어(Software)는 어떠한 특정한 일을 수행하기 위하여 하드웨어를 작동시키는 프로그램(Program) 또는 지시어들의 집합체이며 교육용 소프트웨어는 대체로 보조적 교재물, 즉 교사용 지침서, 학습장, 그리고 시험문제를 수반하는 데 이러한 프로그램과 보조물들의 총체적 꾸러미를 코스웨어(Courseware)라 한다. (Coburn et. al. 1982). 수학교수-학습 모형으로서의 CAI의 운용은 다양하며 몇가지 유형으로 개발되어 질 수있는데 대체로 다음과 같이 분류하여 유형별 특징 및 유의

사항을 살펴 볼 수 있다.[1]

(1) 훈련(Drill)형 : 기억해야 되는 수학적 공식을 습득할 때까지 반복해서 지칠 줄 모르고 개별적으로 지도한다. 잘 구성된 훈련형 코스웨어는 즉각적으로 학생의 응답을 점검하여 긍정적 또는 부정적 보상(feedback)을 포함하는 다양한 조언을 제시하여 정보를 기억하도록 동기를 유발시킬 뿐 아니라 응답 시간을 통제하며 개별 성적을 기록한다.

(2) 연습(Practice)형 : 학습 내용을 기억할 목적으로는 훈련형 코스웨어가 적합하나 학습 내용을 기억한 후에 일반적 원리(general principle)나 규칙적 계산 규칙(Algorithm)을 특정한 문제에 적용하기 위해서는 연습형의 코스웨어가 더 적합하다. 잘 작성된 연습형 코스웨어는 진단적인 다양한 조언과 함께 학생의 답에 응답하며 적용해야 될 원리나 공식을 학생 스스로 기억하도록 돕고 기본적인 원리를 상기 시킴으로서 흔히 범할 수 있는 보편적인 오류를 교정하여 주도록 구성되어야 한다.

(3) 훈련 및 연습(Computer Managed Drill and Practice)형 : 대부분의 상업용 코스웨어들은 이 범주에 속하며 진단평가(diagnostic testing), 훈련 및 연습의 개발이 요구되는 내용의 개인교수(utorial), 평가, 개별 성적 기록 및 유지, 교사의 보고서 작성을 돕는 특징을 가져야 한다. 정수의 연산, 수열, 인수분해 등의 코스웨어에 적합한 형태이며 보상이 없는 훈련 및 연습은 연필과 종이만 가지고 학습하는 일로 충분하며 일반적으로 예비 시험을 통하여 학생의 수준에 따라서 적절한 연습을 제공하도록 구성되어야 한다.

(4) 데먼스트레이션(Demonstration)형 : 짧은 시간내에 수학적 개념에 관련된 많은 예, 경우, 요약, 반례, 묘사, 질문 등을 유연하게 제시하여 학생으로 하여금 개념이나 과정을 일반화시키거나 다음 단계에 나타날 내용의 추정을 유도시킬 목적으로 한 코스웨어에 적합하다. 짧은 시간내에 보다 많은 예 등의 내용을 정확하고 유연하게 제시하여 학생으로 하여금 발견의 기쁨을 맛볼 수있도록 쓰여져야 하며 발견 학습 지도에 적

합한 유형이다. 예를 들면 학생 스스로 삼차 다항식의 계수의 값을 입력하여 계수 변화에 따른 삼차 곡선의 그래프의 변화 효과를 demonstrate하거나 또는 직선의 기울기의 개념 지도에 관한 발견 학습적 방식에 적합하다.

(5) 모의 실험(Simulation)형 : 실제 실험을 한다는 것이 너무 시간이 많이 소요되거나 비용이 많이 들거나 또는 위험하여 실제의 현실 사건을 모방하여 상황이나 현상을 간접적으로 경험할 목적으로 하는 코스웨어에 적합한 유형이며 임의 변수의 선택의 효과를 발견할 수 있도록 상호 교호적인 기회를 제공하도록 구성되어야 한다. 동전을 수 백번 던져서 나오는 결과를 얻는 경우에 이 유형이 적합할 것이다.

(6) 게임(Games)형 : 가장 자극적으로 이용될 수 있는 유형이고 경쟁적 상황이 필수이며 특별한 유형의 모의실험형(시뮬레이션형)이라고도 볼 수 있다. 국민학교 학생들에게 컴퓨터 및 키보드 조작을 친숙하게 하기 위하여 수학적 교육내용을 담고 있는 게임형의 코스웨어 사용은 바람직하다. 수학교육 과정에 포함되어 있는 내용에 관련된 학습활동에 이용되어야 교육적 가치가 있다. 특히 논리와 해결 전략을 요구하는 게임은 학습의 중요 요소인 사고 기술(thinking skills)을 개발시키는 데에 이용될 수 있으며 유능한 교사는 즐거움과 독창성의 함양을 고려하면서 게임을 통한 학습을 지도할 수 있다.

훈련형, 연습형, 데먼스트레이션형의 코스웨어들이 게임의 형태로 구성된다면 더욱 동기 유발적일 것이다.

(7) 개인교수(Tutorials)형 : 학생에게 상호 교호작용을 할 수 있는 충분한 기회를 제공하는 것이 필수이므로 능동적인 참여를 유도할 수 있는 일련의 단계별 소단원의 학습내용을 제시할 목적으로 처음으로 소개되는 새로운 기술이나 개념등의 지도에도 무방하나 학습 바로 뒤이은 복습에 유용한 유형이다. 이것은 생생한 교사의 실제 현장 수업의 높은 수준의 시뮬레이션형의 코스웨어라고도 할 수 있다.

같은 주제에 대해서도 접근하는 방식에 따라

여러 형태의 개인교수형 코스웨어가 있을 수 있으며 학생은 학습 습관이나 능력에 따라 선택할 수 있어야 한다. 개인교수형 코스웨어의 뒷 부분은 대체로 점검을 위한 연습형의 질문은 제시하고 따라서 학생의 답에 정확한 보상과 적절한 강화(reinforcement)가 주어 져야 하며 성적을 기록하고 학생의 수준에 따른 학습 내용의 분류가 구성되어야 한다. 그러나 학생들이 가질 수 있는 모든 종류의 질문을 예상할 수 없으므로 교사를 대신할 수 없다는 점에서 계속적으로 오류를 범하는 학생에게는 교사에게 도움을 청하도록 하는 메시지(message)가 제공되어야 한다. 방정식의 풀이, 비와 비율, 면적과 지름 등의 개념 지도, 특히 직선의 기울기 개념 지도에 있어서 기울기의 값을 추정하도록 하고 즉시 점검하여 잘못된 추측을 바로 지우는 방법으로 관대히 수용하고 학생의 올바른 추정을 유도함으로써 올바른 가설을 유도하는 발견적 학습 방법에 적합한 유형이다.

컴퓨터와 상호 교호적인 행위없이 일방적으로 화면을 보아야 한다면 능동적인 학습이 이루어질 수 없으며 선다형의 질문에 답하는 일은 책만 가지고도 충분한 일이며 보상이 없는 훈련 및 연습은 역시 기존의 학습 방법, 즉 종이와 연필을 사용하는 학습으로 충분하다. 또한 교육적 내용이 없는 게임은 동기 유발적이기는 하나 교육적 장점이 없다. 이상과 같이 컴퓨터가 잘못 이용되는 일이 없어야 하며 다른 종류의 교육 공학적 도구로서 모방되어질 수 없는 컴퓨터만이 지닌 특성을 살려서 컴퓨터 보조 학습(CAI)에 이용되어야 한다. CAI의 장점을 대체로 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 즉각적이고 시각적인 보상(visual feedback), 개념의 시각적 묘사(visual illustration), 수치적 묘사(nummerical illustration), 실험(experimentation) 등을 통한 학습의 개별화가 가능함으로서 특히 저능력 학습자의 개별 치료 학습에 유용하다.

(2) 칼라 그래픽(color graphics), 애니메이션(animation), 음향(sound) 등을 사용할 수 있어 동

기 유발적이다.

(3) 프로그래밍 (programming) 기술이 없이도 사용이 간편하다.

(4) 오류를 바로 지우는 방법으로 관대히 수용하여 올바른 추정을 유도할 수 있다.

그러나 단점으로는 학습 내용의 개념 학습에 전개의 어려움 등을 들 수 있다.

III. 문제 해결 (Problem Solving) 지도와 컴퓨터

학교 수업에 있어서 컴퓨터는 교수 학습 응용을 통해서 문제 해결에 필요한 절차 분석 (algorithmic analysis) 을 단계적으로 익히는 데 이용될 수 있으며 컴퓨터의 놀라운 계산 능력과 문제해결 능력은 여러 학과, 특히 수학과 과학에 있어서 역동적이고 개별적인 경험을 제공할 수 있다.

자료의 수집과, 분석 및 가설을 세우고 검증하는 일에 유용하다. 예를 들어 x 가 0으로 접근할 때 $\sin x/x$ 의 극한값을 구하는 데 있어서 Basic 언어로서 다음과 같이 구할 수 있다.

```
10 INPUT "ENTER X" : X
20 Y = SIN (X)/X
30 PRINT X, Y
40 GOTO 10
```

위와 같이 자료를 수집하는 데 컴퓨터는 뛰어난 보조 도구 역할을 할 수 있다. 컴퓨터나 전자계산기를 사용함으로써 계산 그 자체 보다는 학생 스스로 문제 해결 전략에 관심을 갖도록 유도할 수 있으며 또한 산술 계산 그 자체가 너무 복잡한 경우 학습 보조 도구로서 유용한 경험을 제공할 수 있다.

IV. 결 론

불행스럽게도 대부분의 상업용 코스웨어들은 훈련형, 연습형이며 발전 학습적 요소를 지닌 코스웨어들이 드물다. 그리고 graphic의 개발에 많은 시간이 소요 되지만 그 결과는 가치가 있을 것이다. 앞으로 코스웨어들은 점차 많이 생산될 것이며 동시에 좀 더 확고한 선택 판단 기준과 평

가 도구가 마련되어져야 할 것이다. 또한 코스웨어 개발에도 많은 투자가 이루어져야 하며 대부분의 교사들은 그들이 필요로 하는 코스웨어 구입에 노력을 해야 하며 그에 따른 Hardware 구입도 불가피하게 된다. 미국의 경우 주 정부의 지원하에 코스웨어들을 평가하고 있으며 educational distribution agency들이 있어서 교육자들이 직접 개발한 코스웨어들을 수집, 유통시키고 구입하려는 코스웨어의 review를 제작함으로써 중요한 역할을 담당하고 있다.

그리고 문제 해결 학습시에는 상업용 코스웨어가 필요없으며 최소한의 프로그래밍 (programming) 기술을 습득하여 data를 수집, 분석, 일반화, 문제 해결 전략을 습득할 수 있다. 교육용 프로그래밍 언어로는 Basic 언어가 적합하다. 교사는 특별한 data를 만들어 내는 극히 짧은 프로그램을 작성하여 프로그래밍에 대해 전혀 모르는 학생에게 조차 문제 해결 전략을 지도할 수 있다. 또한 특정한 수학적 내용, 일반적인 수학 개념 지도, 수학적 사고 및 논리적 추론에 컴퓨터가 이용될 수 있다.

우리의 교육 방법 개선 중 주로 행동 과학적인 면에 입각한 교육 공학적인 면을 강조해 왔으나 컴퓨터를 이용하는 교육 방법을 도입하면 학생들이 이해하기 힘든 교재를 손쉽게 지도할 수 있어 바람직한 데 국가적 차원의 재정적 뒷받침이 필요하고, 우선 우리의 여건이 허용하는 범위 안에서 차차 이 분야를 개발해 나가야 할 것이다.

참고문헌

1. NCTM ; *The Agenda in Action : Using Computers in Teaching Maths.*, Reston, Va. : The Council, 1980.
2. NCTM ; *An Agenda for Action : Recommendations for School Maths. of the 1980s.* Rest on, Va. : The Council, 1980.
3. NCTM ; *Priorities in School Maths. : Executive Summary of the PRISM Project.* Reston, Va. : Thu

Council, 1980.

4. 김영권 ; 학교에서의 컴퓨터 도입과 활용 방안 연구 보고 87-31, 한국 교육 개발원, 1987.
5. 박한식 ; 지도 내용 보다 방법 연구물, 새 교육, pp. 46-47, 대한 교육 연합회, (1970).
6. 박한식 ; 수학 교육 방법 개선과 교육 자료 개발의 연구를 위하여, Vol. IX, No. 1, 한국 수학 교육 학회지, (1970).
7. 시바카키(柴垣和三雄) ; 제 1회 수학 교육 국제 회의의 결의 (日本文), 日本 수학 교육 학회지, 제 52 권, 제 7 호, p. 114, 日本 수학 교육 학회, (1970).
8. 아즈마(東洋) ; 교육 공학이란 무엇인가(日本文), 數理科學, 東京, 다이아몬드社, pp. 2-7, 1967.