

ICAI에서 전문지식 모듈의 설계에 관한 연구

- 분수의 덧셈 뺄셈을 중심으로 -

백영균(한국고원대)

정광규(진천상산국고)

I. 서론

컴퓨터 하드웨어의 급속한 발전은 멀티미디어로써 교사를 대신하여 학생을 학습시키거나 도와주는 것을 가능하게 하고 있다. 이제는 누구도 컴퓨터를 교육이나 학습에 활용하는 것이 새로운 사실이 아니라는 것을 알고 있다. 음성 지원 카드의 개발과 대용량을 저장할 수 있는 CD-ROM의 개발은 외국어 교육에서 컴퓨터의 기능을 십분 발휘하게 하고 있다. 그러나 컴퓨터의 활용이 단지 외국어 교육에만 활용되는 것은 아니다. 특히 수학 교육에서 음성 지원 카드와 대용량의 보조 기억 장치는 필요치 않을 수도 있다. 지금까지 컴퓨터를 이용한 컴퓨터 보조 수업이 수학 교육에는 얼마만한 영향을 끼쳤으며 그 효과는 어떠 했을까?

신성균(1992)은 수학적 기능의 습득을 돕는 것으로 컴퓨터를 활용하는 것 보다 더 나은 것은 없다고 생각된다고 말하고 수학교육을 위하여 교육적 게임을 이용한 문제 해결 전략의 습득은 물론이고 문제 해결의 부분적 기능을 습득하기 위하여 문제 해결 과정의 오류를 분석해 주는 교육용 소프트웨어를 개발한다면 학생들의 방법적 지식의 습득은 용이할 것이라고 말하고 있다(P 56-57).

기존의 CAI가 교육에 많은 효과가 있는 것으로 報告되고 있지만(정택희 외 2 인, 1986; 유재구, 1991; 청주 서원국민학교, 1991) 현재 개발되어 있는 CAI프로그램이 개인의 능력에 따라 적절한 水準으로 학습을 도와주고 있느냐 하는 것에는 의문이 제기되고 있다(백영균, 1991). 이는 기존의 CAI가 전문가 지식을 전하는 데만 관심을 가졌을 뿐이며, 학생이 배운 내용을 얼마나 알고 있으며, 또 학생의 능력 정도에 따라 差等を 두어 교육하는가 하는 효과적인 면을 고려하지 않았기 때문이다(정목동, 신교선, 1992).

이러한 기존 CAI의 문제점을 해결하기 위하여 1970년 이후부터 CAI개발 기법에 인공지능적 기법을 적용하여 인간의 思考, 問題解決, 學習 등을 컴퓨터 교육 분야에 적용함으로써 좀 더 지능적인 CAI를 만들려는 노력이 진행되어 왔다(김상은 외 3 인, 1992). 이러한 ICAI(Intelligent Computer Assisted Instruction) 프로그램이 개발 보급되면 個別化 授業이 상당히 진전될 것이다(백영균, 전성연, 1992). 그 이유는 ICAI의 가장 중요한 특징 중의 하나가 學習者의 현재 상태를 파악하여 學習者의 수준에 맞는 個別化 學

접을 가능하게 하는 것이기 때문이다(김상은 외 3인, 1992).

이에 본 研究는 분수의 덧셈·뺄셈 지도에서 知能型 컴퓨터 補助授業을 具現하기 위한 전문 지식 모듈을 設計하는 데 그 目的이 있다.

II. ICAI 設計의 背景

A. CAI의 批判

정택희·김선숙(1991)은 국내 교육용 소프트웨어 개발 현황 조사의 결론에서 “교육용 소프트웨어의 개발은 이제야 幼兒 단계를 벗어나고 있어 그 수량 면에서 매우 부족할 뿐만 아니라 敎科, 用度, 形態面에서도 多樣性을 보이지 못하고 있다.”(p.11)고 하였다.

또한 백영균(1991)은 CAI를 비판하기를 “CAI의 가장 큰 長點을 個別化 受業이라고 하면서 몇가지 종류의 피이드백을 마련하여 놓고 순서적으로 또는 任意的으로 선택하여 학습 문제를 提供하지 않는지, 學習者의 수준에 맞는 내용을 제공한다고 하면서 정확한 진단을 내리지도 않고서 上, 中, 下의 難易度 문제를 던져주고 있지는 않는가?”(p.88)라고 묻고 있다.

실제로 요사이의 프로그램의 개발은 프로그램 언어로 개발하기보다는 著作道具를 이용하여 개발하고 있는데, 현재까지는 著作道具의 限界로 인하여 일정한 절차에 의하여 순서적으로 문제가 제시되고 있는 형편이다. 다시 말하면 진정한 個別學習보다는 똑같은 내용을 단지 개인에 따라 해결할 수 있는 시간의 차이만 주는 정도에 지나지 않고 있다.

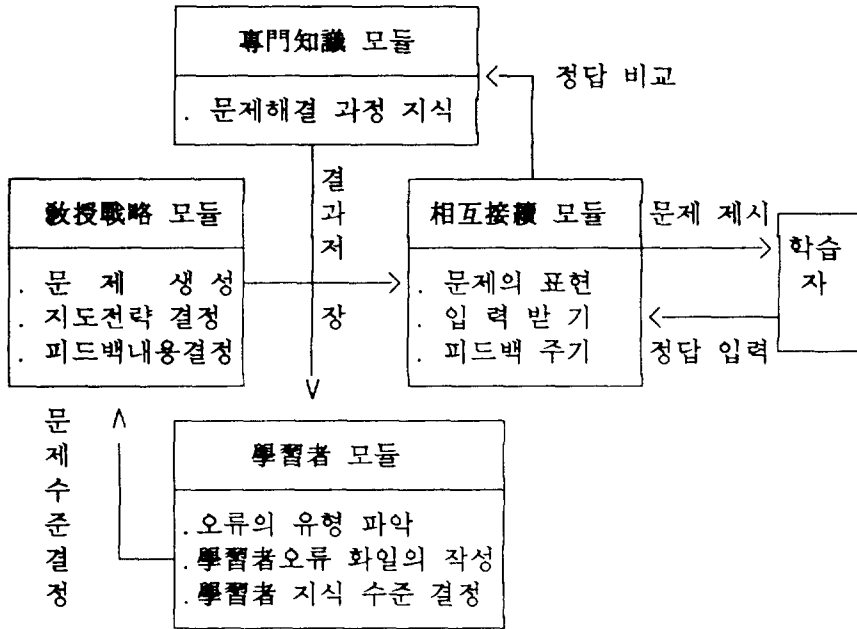
또한, 유재구(1991)는 “수학과의 CAI 프로그램을 수업에 적용하기 위하여 事前에 분석하여 본 결과, 診斷評價에서 미달된 학생들이 45분 동안에 주어진 문제를 해결하기 어려운 것으로 나타나 전체 학생이 個別學習하는 데는 다소의 문제점이 있다.”(p.61)고 結論을 내렸다.

위와 같은 비판을 克服하기 위한 노력으로 CAI의 프로그램에 마치 인간 교사와 같이 학생들의 학습과정을 추적하여 正·誤 판단을 할 수 있는 능력을 갖게하기 위하여 인간 교사가 가지고 있는 專門知識을 가지고 있고, 이러한 지식에 학생들의 학습과정을 추적 비교하여 학생들의 지식의 상태를 정확히 판단하고, 그에 따른 적절한 敎授戰略을 구사하는 ICAI에 대한 연구가 활발하게 이루어져 왔다

B. ICAI의 構造

ICAI는 크게 4가지의 기본적인 要素로 구성되어 있다(Hugh L. Burns & Charles G.

Capps, 1988; D. Sleeman, 1987; Hugh Burns & James W. Paret, 1991). 이 요소들은 專門教師가 가르칠 내용을 담고 있는 專門知識 모듈, 학생의 반응에 따라 학생의 수준 정도를 長期的으로 파악하여 그 학생의 수준에 대한 정확한 정보를 제공하는 學習者 모듈, 學習者 모듈에서 이루어진 질적 평가에 따라 전문교사가 행할 수 있는 교수 방법을 적용하는 教授戰略 모듈, 컴퓨터와 학생 간에 필요한 정보를 주고받는 相互接續 모듈이다.



<그림 1> ICAI에서 각 모듈 간의 상호 관계

위에서 말한 네가지 모듈들은 각자 떨어져서 독립적인 작용을 하기보다는 하나의 시스템 안에서 서로 밀접한 관계에 있다. 각 모듈들 간의 상호관계를 나타내면 <그림 1>과 같다.

위의 <그림 1>을 분수 문제해결 과정과 관련지어 설명하면, 學習者는 相互接續 모듈의 활동인 화면에 제시된 문제를 보고, 자신이 계산한 답을 입력하게 된다. 입력된 답은 專門知識 모듈 속의 전문가 문제해결 과정과 비교하여 정오 판단을 받는다. 오답일 경우에는 學習者 모듈에서 오류유형을 확인하여 學習者 모듈 화일에 오류유형을 저장하고, 정답일 경우에는 學習者가 잘 해결하였음을 저장하므로써 學習者의 지식상태를 정확하게 판단하게 한다. 이러한 學習者의 지식의 상태가 教授戰略 모듈에 전달되어 화면에 제시되는 문제의 수준과 지도 전략을 결정하게 한다.

1. 專門知識 모듈 설계의 觀點

지식에는 節次的 知識과 宣言的 知識이 있다. 지리과에서 각 도시별 緯度를 나타내는 지식은 宣言的 知識에 속하며 이러한 지식은 프레임 방식의 지식 표현 방법이 알맞다. 節次的 知識은 어떤 상황하에서는 어떻게 된다는 지식을 말하는데, 산수 문제풀이의 과정을 나타내는 지식도 節次的 知識이라고 할 수 있다. 이러한 절차적 지식의 표현방법은 산출 시스템 방식이 適合하다. 그런데 여기에서 문제가 되는 것은 산출 시스템에서도 지식을 표현하는 관점이 다양하다는 것이다.

분수 문제의 풀이 절차를 살펴보면, 컴퓨터가 인식하는 방식을 모든 분수를 대분수로 보고 문제를 풀이하는 방식과 진분수의 덧셈이라든가 대분수의 뺄셈과 같이 미리 문제의 類型을 알고 문제풀이를 하는 방식으로 나누어 볼 수 있다.

이때 ICAI 프로그램은 學習者의 분수 문제풀이의 지식을 결과적 지식보다는 절차적 지식을 이해하여, 學習者들이 문제풀이 과정에서 어떤 어려움을 겪는지를 정확히 아는 것이 중요하다. 이러한 능력을 갖게하기 위하여는 컴퓨터가 문제 풀이의 절차를 더 분명하게 밝힐 수 있는 방법을 사용해야 한다.

분수셈에 있어서 각 분수를 대분수로 보고 지식을 표현하면 분수의 가감산을 행하는 과정을 單一化하여 지식 표현을 간단히 할 수 있다. 그러나 이러한 지식 표현은 單一化된 반면, 분수의 유형이 달라짐에 따라 해결의 과정은 다소 차이가 있기 때문에 미리 분수의 유형을 파악하여 그에 따른 해결의 절차를 專門知識으로 조직하는 것이 필요하다.

III. ICAI의 設計

A. 專門知識 모듈의 設計

專門知識 모듈은 컴퓨터가 學習者에게 가르치려고 하는 專門教師가 가지고 있는 지식을 담고있는 부분이다. 즉, 분수의 덧셈·뺄셈 지도에서 꼭 가르쳐야 하거나 지도되어야 할 부분을 專門知識 모듈속에 코드화하여 저장하여야만 한다.

본 논문에서는 지식의 표현을 算出 시스템 방식으로 하고자 한다. 그 이유는 분수의 덧셈·뺄셈에 관한 지식은 算出 시스템적인 規則的이고 論理的인 지식이기 때문이다.

조동섭(1988)은 지식을 수집하여 지식 베이스화할 때 가지게 되는 과정을 아래와 같이 提示하고 있다.

1. 어떤 사실이나 과정을 전문가적으로 이해를 하고 있어야 한다.
2. 알고있는 지식을 文章으로 기술하여 제 三者가 알아볼 수 있어야 한다.
3. 그 文章을 基本文으로 분해한다.

4. 基本文의 基本的인 要素를 記號로 나타내 본다.

5. 문장 전체를 어떤 記號化로 체계화시킨다. (p.174)

위의 과정에 따라 분수 부분을 코드화 하기로 한다. 우선 專門知識 모듈에 담길 문제의 유형을 정리한다. 專門知識 모듈은 問題의 類型을 이해하기 위한 問題認識 節次와 이들 문제의 유형에 따라 해결 과정을 파악하기 위한 解決過程 節次로 나누었는데, 그 구체적인 내용은 아래와 같다.

1. 問題類型

問題類型은 두 분수의 通分 類型에 따라 同分母, 서로 素, 倍數, 最小公倍數로 분류한다. 분수의 계산에서 단위 분수인 것과 진분수인 것의 계산 절차와 방법이 똑같으므로 진분수의 계산과 대분수의 계산, 둘로 나누어 설계하기로 하며 올리기와 내리기가 있는 분수의 계산은 그 방법이 다르므로 다른 문제유형으로 구분하여 지식 모듈을 설계한다.

분수 덧셈·뺄셈은 아래와 같이 4개 領域으로 分類될 수 있으며, 이를 다시 56가지의 유형으로 분류될 수 있다.

(1) 眞分數 + 眞分數

유형	분수종류	분모 관계	올리기의 여부	약분 여부
1	진분수이며	분모가 같고	올리기 없음	약분없음
2	진분수이며	분모가 같고	올리기 없음	약분있음
3	진분수이며	서로 素이고	올리기 없음	약분없음
4	진분수이며	서로 素이고	올리기 없음	약분있음
5	진분수이며	배수이고	올리기 없음	약분없음
6	진분수이며	배수이고	올리기 없음	약분있음
7	진분수이며	최소공배수이고	올리기 없음	약분없음
8	진분수이며	최소공배수이고	올리기 없음	약분있음
9	진분수이며	분모가 같고	올리기 있음	약분없음
10	진분수이며	분모가 같고	올리기 있음	약분있음
11	진분수이며	서로 素이고	올리기 있음	약분없음
12	진분수이며	서로 素이고	올리기 있음	약분있음
13	진분수이며	배수이고	올리기 있음	약분없음
14	진분수이며	배수이고	올리기 있음	약분있음
15	진분수이며	최소공배수이고	올리기 있음	약분없음
16	진분수이며	최소공배수이고	올리기 있음	약분있음

(2) 帶分數 + 帶分數

17	대분수이며	분모가 같고	올리기 없음	약분없음
18	대분수이며	분모가 같고	올리기 없음	약분있음
19	대분수이며	서로 素이고	올리기 없음	약분없음

20	대분수이며	서로 素이고	올리기 없음	약분있음
21	대분수이며	배수이고	올리기 없음	약분없음
22	대분수이며	배수이고	올리기 없음	약분있음
23	대분수이며	최소공배수이고	올리기 없음	약분없음
24	대분수이며	최소공배수이고	올리기 없음	약분있음
25	대분수이며	분모가 같고	올리기 있음	약분없음
26	대분수이며	분모가 같고	올리기 있음	약분있음
27	대분수이며	서로 素이고	올리기 있음	약분없음
28	대분수이며	서로 素이고	올리기 있음	약분있음
29	대분수이며	배수이고	올리기 있음	약분없음
30	대분수이며	배수이고	올리기 있음	약분있음
31	대분수이며	최소공배수이고	올리기 있음	약분없음
32	대분수이며	최소공배수이고	올리기 있음	약분있음

(3) 眞分數-眞分數

33	진분수이며	분모가 같고	내리기 없음	약분없음
34	진분수이며	분모가 같고	내리기 없음	약분있음
35	진분수이며	서로 素이고	내리기 없음	약분없음
36	진분수이며	서로 素이고	내리기 없음	약분있음
37	진분수이며	배수이고	내리기 없음	약분없음
38	진분수이며	배수이고	내리기 없음	약분있음
39	진분수이며	최소공배수이고	내리기 없음	약분없음
40	진분수이며	최소공배수이고	내리기 없음	약분있음

(4) 帶分數-帶分數

41	대분수이며	분모가 같고	내리기 있음	약분없음
42	대분수이며	분모가 같고	내리기 있음	약분있음
43	대분수이며	서로 素이고	내리기 있음	약분없음
44	대분수이며	서로 素이고	내리기 있음	약분있음
45	대분수이며	배수이고	내리기 있음	약분없음
46	대분수이며	배수이고	내리기 있음	약분있음
47	대분수이며	최소공배수이고	내리기 있음	약분없음
48	대분수이며	최소공배수이고	내리기 있음	약분있음
49	대분수이며	분모가 같고	내리기 없음	약분없음
50	대분수이며	분모가 같고	내리기 없음	약분있음
51	대분수이며	서로 素이고	내리기 없음	약분없음
52	대분수이며	서로 素이고	내리기 없음	약분있음
53	대분수이며	배수이고	내리기 없음	약분없음
54	대분수이며	배수이고	내리기 없음	약분있음
55	대분수이며	최소공배수이고	내리기 없음	약분없음
56	대분수이며	최소공배수이고	내리기 없음	약분있음

2. 問題認識 節次

問題認識 節次는 컴퓨터가 제시하거나 아동이 입력한 문제의 유형을 컴퓨터가 알수 있도록 해준다. 이러한 問題認識 節次가 필요한 이유는 컴퓨터의 내부의 활동이 그 결과만을 알 수 있을 뿐 과정을 알 수 없기 때문이다. 즉, 분수의 계산에서 컴퓨터의 中央處理裝置는 분수의 계산 결과만을 알 수 있을 뿐이지, 통분과정이나 假分數를 帶分數로 만들기와 같은 과정은 다음에 제시될 解決過程 節次를 통하여서만 알 수가 있다.

이 問題認識 節次는 현재 컴퓨터에 제시되어 있는 문제가 덧셈인가 뺄셈인가의 여부, 대분수인가 진분수인가의 여부, 분모의 유형, 분수부분의 몫이나 差가 1 보다 크거나 0 보다 작은가의 여부 등 그 유형을 해석하여 문제의 번호를 알아낸다. 이렇게 하여 알게 된 문제의 번호는 解決過程 節次로 넘어가게 된다.

問題認識 節次는 문제가 제시될 때에 문제를 해석하기 위하여 아래와 같은 해석 과정을 거치게 된다.

(1) 問題認識 節次の 방법

연 산	값	분수의 종류	값	분모관계	값	약 분	값	결 과	값
덧셈	0	진분수	0	같다	1	되면	1	올리기	8
뺄셈	32	대분수	16	서로 素	3	안되면	0	없으면	0
				배수	5			내리기무	0
				최소공배수	7			있으면	-8

예를 들어 35번의 문제는 “진분수, 분모가 서로 素, 내리기 없음, 약분없음” 이다.
 이것을 위의 문제해석 방법에 따라 해석해 보면,

우선 뺄셈이므로 32
 진분수 이므로 0
 분모관계는 서로 素이므로 3
 약분이 안되므로 0
 내리기가 없으므로 0 이다.

이것을 모두 더하면 35가 되어 이 문제의 번호는 35번이라는 것을 알게된다.
 구체적으로 각 문제를 해석하는 방법은 다음과 같다.

예를 들어 $a - \frac{c}{b} + \frac{f}{e} - \frac{p}{h} = g - \frac{d}{h}$ 의 분수 계산이 있을 때,

* 演算의 종류 ('K'는 문제의 유형을 알기 위한 값을 말함)

덧셈 : if a\$= "+" then k=0

뺄셈 : if a\$= "-" then k=32

* 분수의 종류

진분수 : if a=0 and d=0 then k=0

대분수 : if a>0 or d>0 then k=16

* 분모관계

같다 : if b=e then k=1 : x=1

서로 素 : if b<e and b mod e<>0 or e mod b<>0 then k= 3 :x=2

배수 : if b mod n=0 and e mod n=0 then k=5:x=3

최소공배수 : k= 7 :x=4

* 約分

약분 관계는 다음과 같은 좀 복잡한 과정을 거쳐서 확인이 된다.

演算의 종류가 덧셈인 경우

if x = 1 then p= c+f : h= b or e
 if x = 2 then p= c*(e/b)+f : h= e(단, e>b)
 if x = 3 then p= c*(n/b)+f*(n/e) : h= n
 if x = 4 then p= c*e+f*b : h= b * e

연산의 종류가 뺄셈인 경우

if x = 1 then p= c-f : h= b or e
 if x = 2 then p= c*(e/b)-f : h= e(단, e>b)
 if x = 3 then p= c*(n/b)-f*(n/e) : h= n
 if x = 4 then p= c*e-f*b : h= b * e

약분이 되면 : if p mod n=0 and h mod n=0 then k=1

약분이 안되면: if p mod n<>0 or h mod n<>0 then k=0

* 결 과

올리기 : if a\$="+" and c/b+f/e>1 then k=8

없으면 : if a\$="+" and c/b+f/e<1 then k=0

내리기무 : if a\$="-" and c/b-f/e>0 then k=0

있으면 : if a\$="-" and c/b-f/e<0 then k=-8

위의 해석 과정을 거쳐서 아래와 같은 해석기를 만들게 된다.

<표 3> 問題認識 節次

번호	연산	종류	분모	약분	결과	번호	연산	종류	분모	약분	결과
1	0	0	1	0	0	16	0	0	7	1	8
2	0	0	1	1	0	17	0	16	1	0	0
3	0	0	3	0	0	18	0	16	1	1	0
4	0	0	3	1	0	19	0	16	3	0	0
5	0	0	5	0	0	20	0	16	3	1	0
6	0	0	5	1	0	21	0	16	5	0	0
7	0	0	7	0	0	22	0	16	5	1	0
8	0	0	7	1	0	23	0	16	7	0	0
9	0	0	1	0	8	24	0	16	7	1	0
10	0	0	1	1	8	25	0	16	1	0	8
11	0	0	3	0	8	26	0	16	1	1	8
12	0	0	3	1	8	27	0	16	3	0	8
13	0	0	5	0	8	28	0	16	3	1	8
14	0	0	5	1	8	29	0	16	5	0	8
15	0	0	7	0	8	30	0	16	5	1	8

번호	연산	종류	분모	약분	결과	번호	연산	종류	분모	약분	결과
31	0	16	7	0	8	46	32	16	5	1	-8
32	0	16	7	1	8	47	32	16	7	0	-8
33	32	0	1	0	0	48	32	16	7	1	-8
34	32	0	1	1	0	49	32	16	1	0	0
35	32	0	3	0	0	50	32	16	1	1	0
36	32	0	3	1	0	51	32	16	3	0	0
37	32	0	5	0	0	52	32	16	3	1	0
38	32	0	5	1	0	53	32	16	5	0	0
39	32	0	7	0	0	54	32	16	5	1	0
40	32	0	7	1	0	55	32	16	7	0	0
41	32	16	1	0	-8	56	32	16	7	1	0
42	32	16	1	1	-8						
43	32	16	3	0	-8						
44	32	16	3	1	-8						
45	32	16	5	0	-8						

3. 解決過程 節次

解決過程 節次는 ICAI가 분수 문제를 해결하는 데 있어서 전문가가 문제를 해결하는 것과 같이 문제풀이 과정을 이해할 수 있도록 해준다. 앞에서 만들어진 問題認識 節次에서 현재 컴퓨터 상에 표현된 문제의 번호를 알게되면 이곳 문제해결 절차기에서 學習者가 입력한 답을 절차기의 순서에 비추어 誤謬가 있는지 없는지를 조사하고 이의 결과를 다음의 學習者 모듈로 넘겨서 학습 상황을 기록하고 教授戰略 모듈을 적용할 수 있도록 한다.

예를 들어 위의 문제유형 1번에서 4번까지의 問題解決 過程을 말로 표현하면,

유형	분수종류	분모 관계	올리기의 여부	약분 여부
1	진분수	분모가 같고	올리기 없음	약분없음
2	진분수	분모가 같고	올리기 없음	약분있음
3	진분수	모가 서로 素	올리기 없음	약분없음
4	진분수	분모가 서로 素	올리기 없음	약분있음

1의 해결 과정

1) 分子끼리 더한다.

2의 해결 과정

1) 分子끼리 더한다-->約分한다.

3의 해결 과정

1) 分수의 分子 分母에 상대의 分母를 서로 곱한다-->分子끼리 더한다.

4의 해결 과정

1) 分수의 분자 분모에 상대의 분모를 서로 곱한다-->분자끼리 더한다.-->약분한다.

이러한 문제풀이의 과정을 문제의 유형별로 코드화하여 解決過程 節次를 만들면 아래와 같이 정리가 된다.

a1, a2, a3, a4...--> 分수의 관련 규칙

숫자 : 규칙을 순서대로 적용하는 절차임, 계 : 절차의 숫자를 말함

<표 4> 問題 類型別 解決過程 節次

유형	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	계
1	1											1
2	1		2									2
3	2			1								2
4	2		3	1								3
5	2				1							2
6	2		3		1							3
7	2					1						2

유형	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	계
8	2		3			1						3
9	1						2					2
10	1		3				2					3
11	2			1			3					3
12	2		3	1			3					4
13	2				1		3					3
14	2		3		1		3					4
15	2					1	3					3
16	2		3			1	3					4
17	2							1				2
18	2		3					1				3
19	3			2				1				3
20	3		3	2				1				4
21	3				2			1				3
22	3		4		2			1				4
23	3					2		1				3
24	3		4			2		1				4
25	2							1		3		3
26	2		4					1		3		4
27	3			2				1		4		4
28	3		4	2				1		4		5
29	3				2			1		4		5

유형	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	계
30	3		4		2			1		4		5
31	3					2		1		4		5
32	3		4			2		1		4		5
33		1										1
34		1	2									2
35		2		1								2
36		2	3	1								3
37		2			1							2
38		2	3		1							3
39		2				1						2
40		2	3			1						3
41		3							1		2	3
42		3	4						1		2	4
43		4		3					1		2	4
44		4	5	3					1		2	5
45		4			3				1		2	4
46		4	5		3				1		2	5
47		4				3			1		2	4
48		4	5			3			1		2	5
49		2							1			2
50		2	3						1			3
51		3		2					1			3

유형	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	계
52		3	4	2					1			4
53		3			2				1			3
54		3	4		2				1			4
55		3				2			1			3
56		3	4			2			1			4

앞에 나타난 코드의 의미를 정리하면 다음과 같다.

코 드	의 미
a1	분자끼리 더한다.
a2	분자끼리 뺀다.
a3	약분한다.
a4	분수의 분자 분모에 상대 분수의 분모를 각각 곱한다.
a5	분모 중 큰분모를 작은 분모로 나누어 그 몫을 작은 분모의 분자 분모에 각각 곱한다.
a6	두 분모의 최소공배수를 구하여 최소공배수를 분모로 나누어 나온 몫을 그 분수의 분자와 분모에 곱한다.
a7	자연수를 1로 하고 분자에서 분모를 뺀수를 분자로 한다.
a8	자연수끼리 더한다.
a9	자연수끼리 뺀다.
a10	자연수에 1 을 더하고 분자는 분자빼기 분모로 한다.
a11	자연수에서 1을 빼고 분자에 분모를 더한 수를 새로운 분자로한다.

앞에 나타난 코드를 다시 정리하여 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{예를 들어 } a - \frac{c}{b} + d - \frac{f}{e} = g - \frac{p}{h} \text{ 의 분수 계산이 있을 때,}$$

(a', b', c', d', e', p'...는 새로 입력되는 수를 뜻함.)

a1: 분자끼리 더한다.

$$p = c + f$$

a2: 분자끼리 뺀다.

$$p = c - f$$

a3: 약분한다.

$$p' = p/n, \quad h' = h/n \quad (\text{단, } p \bmod n = 0 \text{ and } h \bmod n = 0)$$

a4: 분수의 분자 분모에 상대 분수의 분모를 각각 곱한다.

$$c' = c * e, \quad b' = b * e, \quad f' = f * b, \quad e' = b * e$$

a5: 분모 중 큰 분모를 작은 분모로 나누어 그 몫을 작은 분수의 분자 분모에 각각 곱한다.

$$c' = c * (e/b), \quad b' = e, \quad f' = f, \quad e' = e \quad (\text{단, } e > b)$$

a6: 두 분모의 최소공배수를 구하여 최소공배수를 분모로 나누어 나온 몫을 그 분수의 분자와 분모에 각각 곱한다.

$$c' = c * (n/b), \quad b' = b * (n/b), \quad f' = f * (n/e), \quad e' = e * (n/e) \quad (\text{단, } b \bmod n = 0 \text{ and } e \bmod n = 0)$$

a7: 자연수를 1로 하고 분자에서 분모를 빼수를 새로운 분자로 한다.

$$g' = g + 1, \quad p' = p - h, \quad h' = h$$

a8: 자연수끼리 더한다.

$$g = a + d$$

a9: 자연수끼리 뺀다.

$$g = a - b$$

a10: 자연수에 1을 더하고 분자는 분자에서 분모를 빼 수를 새로운 분자로 한다.

$$g' = g + 1, \quad p' = p - h, \quad h' = h$$

a11: 자연수에서 1을 빼고 분자에 분모를 더한 수를 새로운 분자로 한다.

$$a' = a - 1, \quad b' = b, \quad c' = c + b, \quad d' = d, \quad f' = f, \quad e' = e \quad (\text{단, } (f/e) > (c/b))$$

IV. 要約 및 結論

A. 要約

본 研究은 분수의 덧셈과 뺄셈 指導에 필요한 知能型 컴퓨터 補助授業을 具現하기 위한 전문지식 모듈을 설계한 것이다.

專門知識 모듈은 문제의 類型, 問題認識 節次, 解決過程 節次 등으로 설계하였다. 문제의 유형에서는 분수의 加減算을 眞分數의 덧셈과 뺄셈, 帶分數의 덧셈과 뺄셈의 4領域으로 구분한 다음 이를 과정별로 세분하여 56가지 유형으로 분류하였다.

이러한 문제유형에 기초하여 컴퓨터가 생성한 문제나 아동이 입력한 문제를 컴퓨터가 어떤 유형의 문제인지를 알게 해주는 問題認識 節次를 설계하였다. 問題認識 節次는 컴퓨터상의 문제를 眞分數와 帶分數의 與否, 分母들의 關係, 내리기와 올리기, 덧셈과 뺄셈, 約分의 與否에 의하여 문제의 번호를 알게 해준다. 問題認識 節次가 필요한 이유는 解決過程 節次가 作動하려면 문제의 번호를 알아야 그 역할을 다할 수 있기 때문이다.

問題認識 節次에 의하여 확인된 문제의 번호에 따라서 컴퓨터가 問題解決의 節次를 알게 해주는 解決過程 節次를 설계하였다. 분수식의 계산에서 컴퓨터는 계산의 결과값은 매우 빠른 속도로 계산하여 알고 있지만, 그 분수가 어떤 계산 절차를 거쳐서 답이 나오는지는 모른다. 그러므로 이러한 解決過程 節次를 통하여 컴퓨터가 問題解決의 節次를 알도록 해주어야 한다. 분수의 加減算을 해결하는 데 必須的인 節次를 모두 11 가지로 분류하여 문제의 유형에 따라 해결의 순서를 정하였다.

B. 結論

ICAI가 기존의 CAI와 크게 다른 점은 CAI보다 훨씬 容易하게 個別化 學習이 가능하다는 것이다. 본 연구에서 설계된 분수 지도를 위한 전문지식 모듈의 설계는 ICAI프로그램을 구체적으로 구현하는 데 많은 시사점을 주리라고 생각한다.

이는 既存의 CAI가 단순히 문제의 正答만을 알고 있는 데 비하여 컴퓨터가 문제의 풀이 節次까지를 알 수 있도록 해준다. 이것은 문제 풀이에서 단순히 正答만을 요구하는 것이 아니라, 그 절차까지를 입력하도록 요구하므로써, 學習者가 誤謬를 범할 때 어느 절차에서 틀렸는지를 알 수 있게 해준다.

學習者 모듈은 既存의 CAI가 단순히 學習者의 학습결과 正誤答의 숫자만을 알고 있는 데 비하여 학습가 범하는 오류의 종류까지도 알 수 있게 해준다. 예를 들어 既存의 CAI는 學習者가 대분수의 뺄셈을 하는 과정에서 문제해결에 실패했을 때 단순히 學習者가 실패했다는 사실만을 알고 있지만, 學習者 모듈은 대분수의 뺄셈 과정에서 通分을 못하였는지, 내리기를 모르는지 등의 구체적인 사실들을 알 수 있을 뿐만 아니라 어떤 종류

의 오류를 범했는지도 알게 해준다.

參考文獻

- 김상은 외 3인(1992). KBDI 學習者 모델링에 관한 연구. 1992年度 韓國情報科學會 가을 學術發表 論文集, Vol. 19, No. 2, 1095-1098.
- 김응태 외 3인(1983). 數學科 敎育(I). 서울: 한국방송통신대학 출판부.
- 나일주, 정인성(1990). CAI개발과 활용. 서울: 과학교육사.
- 류완영 외 2인(1983). 초·중등학교 컴퓨터 교육을 위한 기초 연구. 한국교육개발원. 연구보고 RR 83-23.
- 문교부(1990). 국민학교 산수과 교사용 지도서. 서울: 국정교과서 주식회사.
- 박옥춘(1989). 이상적인 코스웨어 설계: 인공지능적 방법의 적용을 중심으로. 코스웨어 설계에 관한 기초 연구, 한국교육개발원 연구보고 KR 89-1, 425-460.
- 백영균(1989a). 전문가 시스템 : 교육에서의 접근 방향. 교육공학 연구, 제 5권, 제 1호, 3-20.
- 백영균(1989b). 컴퓨터 보조 수업의 설계. 서울: 양서원.
- 백영균(1991). 지적교수시스템(ITS) 설계를 위한 지식 표현의 기법에 관한 연구. 교육공학 연구, 제 7권, 제 1호, 87-110.
- 백영균, 전성연(1992). 敎育과 컴퓨터. 서울 : 양서원.
- 서대우 외 3인(1992). ITS의 전문가 모듈 구축 도구에 관한 연구. 1992年度韓國情報科學會 가을 學術發表 論文集, Vol. 19, No. 2, 1087-1090.
- 신성균(1992). 수학 교육과 CAI의 활용. 교육월보, 1992.11, 54- 57.
- 오동준(1988). 전문가 시스템의 지식 표현에 관한 연구. 고려대학교 경영대학원 석사학위 논문.
- 유석인(1989). 전문가 시스템 구축 언어. 1989년도 인공지능 응용시스템 특별 강좌, 3-31.
- 유재구(1991). CAI 프로그램 활용을 통한 학습력 신장. 한국교육개발원 KEDI-CERC RM91-14. '91 교육용 소프트웨어 활용사례 발표회 및 전시회, 45-79.
- 이기호, 최영미(1992). 지능형 교육 시스템 개론. 서울 : 교학사.
- 이민숙 외 2인(1992). 學習者 수준과 문제 난이도에 따라 풀이 시간을 부여하

- 는 學習者 모델의 설계. 1992年度 韓國情報科學會 가을學術發表 論文集, Vol. 19, No. 2. 1083-1086.
- 이육화(1989). 컴퓨터 보조학습(CAI) 프로그램과 인공지능의 역할, 행정과 전산. VOL. 11, NO. 1. 84-90.
- 이용호(1991). 추상적인 학습을 신장시키기 위한 ICAI의 구현. 고려대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이재무(1988). ICAI시스템 설계에 관한 연구, 부산 교육대학 논문집, 24(1). 331-343.
- 정목동, 신교선(1992). 개인용 전문가 시스템을 위한 지식 표현. 1992年度 韓國情報科學會 가을學術發表 論文集, Vol. 19, No. 2. 1103-1106.
- 정택희, 이남호, 손병길(1986). CAI 프로그램의 현장 적용 실험 연구. 한국교육개발원. RR 86-8. 1- 67.
- 정택희, 김선숙(1991). 국내 교육용 소프트웨어 개발 현황 조사 보고서. 한국교육개발원. KEDI-CERC RM 91-10.
- 조동섭(1988). 전문가 시스템의 기초이론 정리. 마이크로소프트웨어. 1988. 12. 172-178.
- 청주서원국민학교(1991). CAI 프로그램 현장 적용을 통한 개별 학습 능력 신장. 컴퓨터 교육 시범운영 보고서.
- 홍성욱(1991). ICAI시스템의 學習者 반응 시간을 고려한 T-BUGGY의 설계및 구현. 고려대학교 대학원 석사학위 논문.
- Burns. H., & Charles G. Capps.(1988). Foundations of Intelligent Tutoring Systems : An Introduction. In Martha C. Polson & J. Jeffrey Richardson (Eds.), Foundations of Intelligent Turtoring Systems (pp. 1-22). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates publishers.
- Burns. H., & James W. Parlett.(1991). The Evolution of Intelligent Tutoring System : Dimensions of Design. In Hugh Burns & J. W. Parlett (Eds.), Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design (pp. 1-12). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Clancey, W. J.(1986). Qualitative student Models. Ann. Rev. Comput. Sci.
- Hajovy, H., & D. L. Christensen.(1987). Intelligent Computer Assisted Instruction: The Next Generation. Educational Technology, 1987. 5

- Half, Henry. M. (1988). Curriculum and Instruction in Automated Tutors. In Martha C. Polson & J. Jeffrey Richardson (Eds.), Foundations of Intelligent Tutoring Systems (pp. 81-106). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates publishers.
- Miller, James. R. (1988). The Role of Human-Computer Interaction in Intelligent Tutoring System. In Martha C. Polson & J. Jeffrey Richardson (Eds.), Foundations of Intelligent Tutoring Systems (pp. 1-22). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates publishers.
- Ramsey, C. L., & Schultz, A. C. (1989). Knowledge Representation Methodologies for Expert System Development. In J. Liebowitz & D. A. De Salvo (Eds.), Structuring Expert Systems : Domain, Design and Development(273-301). Englewood Cliffs, NJ: Yourdon Press, Prentice-Hall Building.
- Swigger, K. M. (1991). Managing Communication Knowledge. In H. Burns, J. W. Paret, & C. L. Redfield (Eds.), Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design (pp. 13-34). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Sleeman, D., & Brown, J. S. (1982). Intelligent Tutoring System, Academic Press, Inc.
- Sleeman, D. (1987). Pixie: A Shell for Developing Intelligent Tutoring Systems. In Robert W. Lawler & Masoud Yazdani (Eds.), Artificial Intelligence and Education: Learning Environments and Tutoring Systems (pp. 239-266). NJ: Ablex Publishers.