

大學一般物理學 力學單元 CAI 프로그램의 開發 *

김 창 식
(국민대학교 사범대학)

(1990년 2월 20일 받음)

1. 序 論

최근 컴퓨터 네트워크 시스템이 워크스테이션이나 서버(Server)로 랜(Lan)을 構築하여 이용하게 됨으로써 CAI(Computer Assisted Instruction)가 더욱 용이하게 활용될 수 있어 많은 프로그램이 開發될 전망이다. 특히 電氣通信公社가 공중전화의 落錢으로 국민학교 敎育用 컴퓨터 15,000대를 供給하였고, 文敎部도 컴퓨터보급과 敎育에 중점을 두고 있어 앞으로 CAI에 관한 관심과 要求가 증대되어 이 방면의 研究가 매우 活潑해 질 것으로 예상된다.

CAI는 講演式 一齊授業의 형태를 벗어나 個別學習을 目標로 하고 있다. 個別學習은 일정한 授業目標을 多樣한 能力水準과 學習經驗 및 學習態勢를 가지고 있는 學習者의 각각에게 가장 적합한 授業系列을 제공해줌으로써 결국에 가서는 모든 學習者가 정해진 授業目標을 成就할 수 있게 해주자는 勞力을 말한다. (정택희, 85) 따라서 個別學習을 위한 CAI는 프로그램의 作成技法 보다는 學習者의 能力水準과 學習形態를 정확히 把握하여 이 水準에 맞는 코

스웨어(course ware)를 開發하는 일이 더욱 중요하다.

코스웨어 開發을 위해서는 著作者言語(authoring system)가 있어야 하는데 우리나라는 한글 한자 處理로 인하여 開發이 늦어져 CAI 研究에 지장을 주고 있다.

본 研究는 理工系 學生을 위한 一般物理學 CAI 프로그램개발(김창식, 1989)에 이어 大學一般物理學의 力學單元 個別學習을 위한 CAI 프로그램을 開發한 것이다. 모든 CAI 프로그램이 그러하지만 본 프로그램도 수년에 걸쳐 修正과 補充이 있어야 할 것으로 생각된다.

1. 研究의 目的과 開發節次

본 CAI 프로그램은 大學一般物理學 力學單元을 豫習 또는 復習의 形態로 個別學習을 할 수 있는 프로그램으로서 大學에 入學하여 배우는 첫 物理學 單元이 力學임으로 흥미를 불러 이르게 학습에 열중하게 함으로써 物理學의 基礎를 튼튼히 하는데 그 目標을 두고 開發되었다.

본 프로그램 開發의 節次는 다음과 같다.

* 이 논문은 문교부 학술연구조성비에 의해 연구되었음.

<表 1> CAI 學習單元과 學習目標

학습 단원명	학 습 의 주 요 목 표
1. 운동	
1-1 평균속력	거리와 시간으로 평균속력을 계산할 수 있다.
1-2 속력의 표현	거리와 시간으로 속력을 그래프를 그리고 설명할 수 있다.
1-3 가속도	속도가 시간에 따라 변하는 것을 가속도라고 하며, 이를 그래프로 나타낼 수 있다.
1-4 자유낙하	가속도가 일정할 때의 운동을 자유낙하라고 하며, 이를 그래프로 나타낼 수 있다.
1-5 자유낙하	가속도가 일정할 때의 운동을 자유낙하라고 하며, 이를 그래프로 나타낼 수 있다.
1-6 벡터	벡터의 합성을 설명할 수 있다.
1-7 2차원 충돌	포물운동의 특성을 설명할 수 있다.
2. 힘	
2-1 힘과 관성	운동의 제1법칙과 관성을 설명할 수 있다.
2-2 동역학	운동의 제2법칙과 힘을 설명할 수 있다.
2-3 작용과 반작용	운동의 제3법칙과 작용과 반작용을 설명할 수 있다.
2-4 마찰	마찰의 특성을 설명할 수 있다.
2-5 정역학	정역학의 특성을 설명할 수 있다.
3. 선운동량	
3-1 질량과 속도	운동량은 질량과 속도의 곱임을 알고 계산할 수 있다.
3-2 선운동량 보존	선운동량의 보존을 설명할 수 있다.
3-3 선운동량	선운동량의 특성을 설명할 수 있다.
4. 원운동	
4-1 원운동	구심력과 주기, 각속도, 각변위 등을 알고 설명할 수 있다.
4-2 보오크	보오크의 특성을 알고 설명할 수 있다.
4-3 질량중심	질량중심의 특성을 알고 설명할 수 있다.
4-4 각운동량	각운동량의 특성을 알고 설명할 수 있다.
4-5 회전관성	회전관성의 특성을 알고 설명할 수 있다.
5. 중력과 우주여행	
5-1 흑성의 운동	계통의 특성을 알고 설명할 수 있다.
5-2 만유인력	만유인력의 특성을 알고 설명할 수 있다.
5-3 중력, 우주여행	인공위성의 궤도를 알고 설명할 수 있다.

- 1) CAI 單元の 選定과 目標 設定
- 2) 事前評價 問項의 開發
- 3) 個別學習 프레임의 設計
- 4) 分岐點의 選定
- 5) 프로그램의 作成
- 6) 最終評價 問項의 開發
- 7) 實行 및 矯正

2. 研究의 實際

1. CAI 單元の 選定과 學習目標

각 대학에서 사용하고 있는 大學一般物理學 教材는 外國書籍의 번역판이나 國內 저자들의 저서를 사용하고 있는데 그 내용은 거의 비슷하다.

본 研究에서는 주로 마리온(J. B. Marion)이 저술한 physics in the modern world를 번역한 一般物理學 (고재귀, 1984)을 토대로 <表1>과 같이 CAI 프로그램 單元과 目標을 選定하였다.

<表 2> 單元別 難易度別 事前評價 問項

구	분	상	중	하	계
1.	운동	1	1	2	4
2.	힘	1	1	2	4
3.	신전운동	1	1	2	4
4.	원운동	1	1	2	4
5.	항력	1	1	2	4
합 계		5	7	8	20
비율		25%	40%	35%	100%

<표 4> 單元別 難易度別 最終評價 問項

구	분	상	중	계
1.	운동	4	1	5
2.	힘	4	1	5
3.	신전운동	3	2	5
4.	원운동	2	2	4
5.	항력	1	1	2
합 계		13	7	20
비율		65%	35%	100%

<표 3> 單元別 難易度別 個別學習 問項

구	분	상상	상하	중상	중중	중하	하상	하중	하하	계
1.	운동	1	3	4	4	4	3	3	2	24
2.	힘	1	2	3	3	3	3	3	2	20
3.	신전운동	2	2	3	4	4	4	4	3	25
4.	원운동	1	1	1	2	2	2	2	3	16
5.	항력	1		1	1	1	1			5
합 계		6	8	12	14	14	13	12	10	90

2. 事前評價 問項의 開發

事前評價 問項은 理工系學生을 위한 一般物理學 CAI 프로그램의 開發(김창식, 1989)에서 사용한 문항을 이용하였다. 이 事前評價 問項은 국민대학교 사범대학 물리교육과 학생을 대상으로 開發한 것으로 單元別 難易度別 문항수는 <表2>와 같다.

이 事前評價 問項은 20문항으로 構成되어 있는 3세트의 問題를 90명을 對象으로 評價한 후 <表2>와 같이 選定한 것으로 個別學習을 실시할 때 能力別로 分岐하는 根據를 제공해 주게 되는 30분용 問題解決 能力檢査이다.

3. 個別學習 問項의 選定

個別學習 問項은 力學單元을 能力에 따라 自律學習하게 하는 段階的으로 구성된 90개의 문항으로 되어 있으며 單元別 難易度別 문항수는 <表3>과 같다.

個別學習 문항에는 4枝選多型的 問題와 힌트, 解說, 公式, 맷세이지가 한 조로 構成되어 응답에 따라 각각 適當한 프레임이 제공되도록 되어 있다.

4. 最終評價 問項의 開發

最終評價 問項은 一般物理學 力學單元을 어느정도 理解하였는가를 評價하는 것으로서 事前評價 問項과 같이 20문항 30분용으로 構成하였다.

問項의 選定은 絕對基準으로 <表4>와 같이 難易도가 상과 중에 해당하는 문항으로만 選定하였는데 여기에서 80점 이상을 얻을 것을 기대하고 選定하였다.

5. 프로그램의 開發

이상에서 開發된 事前評價, 個別學習, 最終評價의 單元別 문항수 分布는 <表5>와 같다.

프로그램은 위 問項들의 프레임으로 構成되어 있

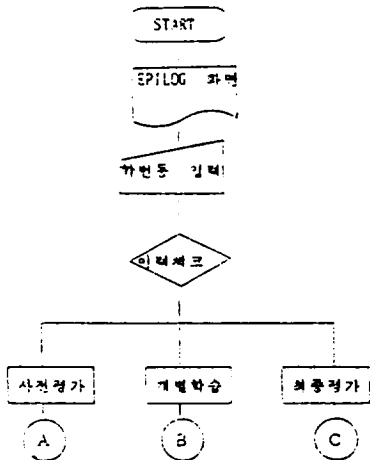
<표 5> 單元別 總學習 問項의 分布

구	분	사건 평가	거별 학습	최종 평가	합계	비율
1.	운동	4	24	5	33	25.4
2.	힘	5	20	5	31	23.8
3.	신전운동	5	25	5	35	26.9
4.	원운동	4	16	4	24	18.5
5.	항력	1	5	1	7	5.4
합 계		20	90	20	130	100
비율		15.4%	69.2%	15.4%	100%	%

는데 주 프로그램, 事前評價 루틴, 個別學習 루틴, 最終評價 루틴, 記錄統計 루틴으로 構成되어 있다.

1) 주프로그램

주 프로그램은 <그림1>과 같이 에필로그가 畫面에 사라진 다음 學生들의 人的事項을 입력하게 되어 있다. 學生의 學番이 입력되면 學習履歷을 探索하여 前學習에 이어 學習해야 할 루틴으로 分枝한다.



<그림 1> 주프로그램의 흐름도

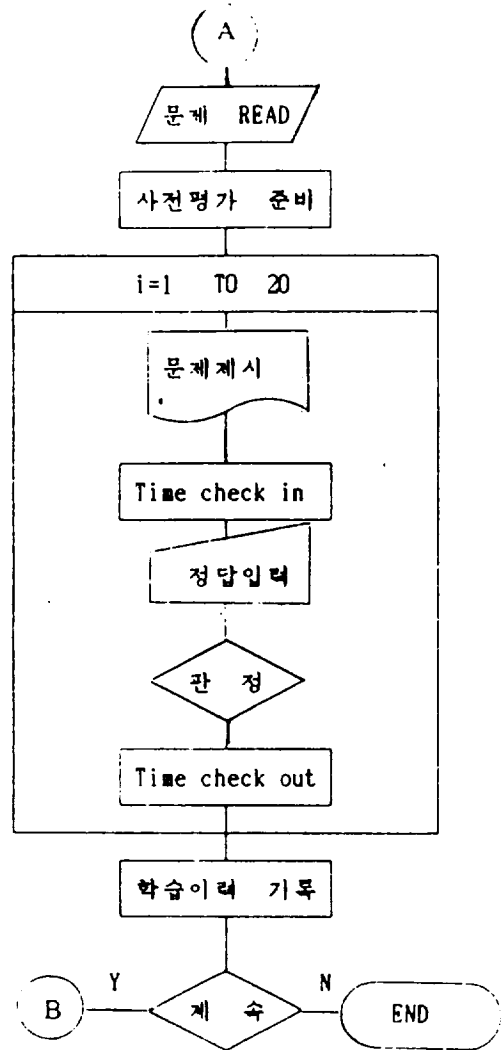
2) 事前評價 루틴

事前評價 루틴은 20문항으로 構成되어 있는 力學에 관한 問題解決 能力을 檢査하는 루틴인데 30분안에 응답하도록 되어 있다. 한 問題를 응답할 때마다 남은 時間을 豫告해주며 시간이 지나면 強制로 프로그램이 中斷되면서 得點이 표시되고 이를 디스켓에 記錄한 후 원하는 경우 이에 相應한 個別學習 루틴으로 이행하게 된다. 事前評價 루틴의 흐름도는 <그림2>와 같다.

3) 個別學習루틴

個別學習은 모두 90문항으로 構成되어 있지만 事前評價의 得點에 따라 學習하는 문항수가 <表6>과 같이 다르게 結定된다.

個別學習에 들어가면 能力에 따라 문항이 차례로 제시되며 正答일 경우에는 다음 문항으로 進行하고 1차 誤答일 경우는 公式이나 基本概念으로 構成된 힌트를 제공받고, 그 問題에 再挑戰하게 되며, 2차 오답일 경우에는 解説을 제공받고 다음 문항으로 進行된다. 이렇게 하여 주어진 問題에 모두 응답하게 되면 正答數, 1차 誤答數, 2차 誤答數, 學習時間 등



<그림 2> 事前評價 루틴의 흐름도

이 디스켓에 기록이 되고 最終評價로 이행하거나 休息을 취하게 된다. 個別學習 프로그램의 흐름도는 <그림3>과 같다.

<表 6> 事前評價에 따른 個別學習 問項數

사전평가 등급	0	21	31	41	51	61	71	81
	29	30	40	50	60	70	80	100
기별학습 문항수	30	75	55	53	40	26	14	6

하였고 主要部分의 프로그램은 다음과 같다.

(1) 主 프로그램의 主要部分

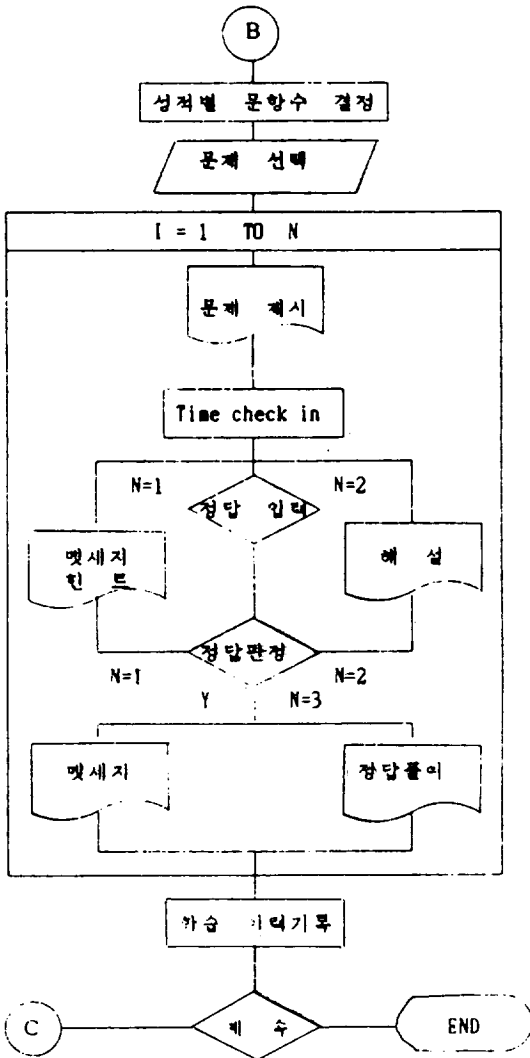
```

100 REM Main Program
310 LOCATE 8,5:PRINT "학번을 입력 하십시오."
    (7자리 숫자) "
315 LOCATE 10,5:PRINT "번호 :";
320 LOCATE 10,15:FOR I=1 TO 7:BS(1)=INPUT$(1):
    PRINT BS(1):NEXT I
325 LOCATE 12,5:PRINT "맞게 치셨습니까 (Y/N)? "
    :GS=INPUT$(1)
330 IF GS="Y" OR GS="y" THEN 335 ELSE 305
335 LOCATE 16,5:PRINT"남쪽을 입력 하십시오."
340 LOCATE 18,5:PRINT"남 쪽 :    월 일"
345 LOCATE 18,17:INPUT " ",MMS
350 REM 남쪽의 형식 및 숫자범위 검색
400 CS=BS(3)+BS(4):DS=BS(5)+BS(6)+BS(7):C=VAL(DS)
425 GOSUB 6200:GET #1,CODX:A1$=AS(2):CLOSE #1:
427 REM PRETEST SCORE
430 GOSUB 6300:GET #2,CODX:LEVS=AS(3):YDAYS=AS(1)
440 J=0:FOR I=1 TO 90:IF MID$(AS(6),I,1)<>" "
    THEN J=J+1:NEXT I
450 TUSUM2$=LEFT$(AS(6),J):TUSUM1$=LEFT$(AS(5),J):
    DAS=LEFT$(AS(4),J)
460 CLOSE #2
470 GOSUB 6400:GET #3,CODX:A3$=AS(2):CLOSE #3:
475 REM FINAL TEST SCORE
480 IF VAL(A3$)<>0 THEN STD=4 ELSE IF LEFT$(LEVS,
    1)="N" THEN STD=3 ELSE IF VAL(A1$)=0 THEN
    STD=1 ELSE STD=2
900 ON STD GOTO 1000,1300,2500,2700
    
```

(2) 事前評價 루틴의 主要部分

```

1000 REM PRETEST CONTROL PROGRAM BEGINS HERE
1020 GOSUB 4500:REM PUETEST DISCRITION ROUTINE
1045 CHAIN MERGE "PRETEST.1050,ALL
1050 TIME$="00:00:00"
1070 BEEP:GOSUB 10000:REM PRETEST HANDLING
    ROUTINE
1080 CLS
1090 LOCATE 10,15:PRINT " 당신의 사전평가
    점수는 ";PCOL=5;" 점 입니다."
1100 GOSUB 6200:REM PREDATA FILE OPEN ROUTINE
1110 LSET AS(4)=TUSUMS
1120 LSET AS(3)=DAS
1130 LSET AS(2)=RIGHT$(STR$(PCOL),2)
1140 LSET AS(1)=LEFT$(DATE$,2)+MID$(DATE$,4,2)
1150 PUT #1,COD %
1160 CLOSE #1
    
```



<그림 3> 個別學習 루틴 흐름도

4) 最終評價루틴

最終評價 루틴은 事前評價와 같이 30分 동안 20문항이 提供된다. 한 문제가 제공될 때마다 남은 시간이 안내되며 學習者는 이 評價에서 80점 이상을 얻어야 한다. 만약 80점에 미달하면 得點한 점수에 상응하는 個別學習을 다시 시작하여야 한다.

이렇게 하여 모든 學習이 끝나면 學習結果가 記錄되고 프로그램은 終了된다. 最終評價 루틴의 흐름도는 <그림4>와 비슷하여 생략된다.

5) 프로그램의 主要部分

本 研究에 使用된 컴퓨터는 금성사제 16 bit 1MB 으로 프로그램은 수정이 간편한 BASIC 언어로 作成

```

1180 IF PCOL<4 THEN LEVS="FF" ELSE IF PCOL<8
      THEN SIVS="EE" ELSE IF PCOS<12 THEN LEVS=
      "DD" ELSE IF PCOL<14 THEN LEVS="CC" ELSE
      IF PCOS<16 THEN LEVS="BB" ELSE LEVS="AA"
1190 LOCATE 15,10:PRINT"다음은 개별학습 입니다.
      계속 하시겠습니까?(Y/N)
1200 LOCATE 15,62:GS=INPUT$(1):PRINT GS
1210 IF GS="N" OR GS="n" THEN 1240
1220 CHAIN MERGE "DLTSAMPL",1230,DELETE 10000-
      15000
1230 A1$=STR$(PCOL):GOTO 1300:REM END PERTEST
1240 GOSUB 6300:REM ==TUTDATA FILE OPEN ROUTINE==
1250 LSET AS(4)="":LSET AS(3)=LEVS:LSET AS(2)="
      ":LSET AS(1)="
1260 PUT #2,CUD%:CLOSE #2
1270 LOCATE 20,10:PRINT"수고하셨습니다."
1280 END

```

(3) 個別學習 루틴의 主要部分

```

1300 REM *TUTORIAL CONTROL ROUTINE*
1310 STGS=" 개별학습":IF VAL(LEVS)=0 THEN 1320
      ELSE 1330
1320 IF VAL(A1$)<4 THEN LEVS="FF" ELSE IF VAL(
      A1$)<8 THEN LEVS="EE" ELSE IF VAL(A1$)<12
      THEN LEVS="DD" ELSE IF VAL(A1$)<14 THEN
      LEVS="CC" ELSE IF VAL(A1$)<16 THEN LEVS=
      "BB" ELSE LEVS="AA"
1330 IF RIGHTS(LEVS,1)="F" THEN S$="90" ELSE IF
      RIGHTS(LEVS,1)="E" THEN S$="70" ELSE IF
      RIGHTS(LEVS,1)="D" THEN S$="50" ELSE IF
      RIGHTS(LEVS,1)="C" THEN S$="30" ELSE IF
      RIGHTS(LEVS,1)="B" THEN S$="20" ELSE S$="10"
1340 GOSUB 4700:REM TUTORIAL 학습방법 설명ROUTINE
1350 IF LEFT$(LEVS,1)=RIGHT$(LEVS,1) THEN 1360
      ELSE 1370
1360 YDAYS=LEFT$(DATES,2)+MIDS(DATES,4,2):GOSUB
      4600:GOTO 1420
1370 CLS:LOCATE 15,20:PRINT " 잠시 기다리시오."
1420 TIMES="00:00:00"
1490 IF LEFT$(LEVS,1)="F" THEN 1500 ELSE IF LEFT$
      (LEVS,1)="E" THEN 1600 ELSE IF LEFT$(LEVS,1
      )="D" THEN 1700 ELSE IF LEFT$(LEVS,1)="C"
      THEN 1800 ELSE IF LEFT$(LEVS,1)="B" THEN
      1850 ELSE IF LEFT$(LEVS,1)="A" THEN 1900
      ELSE 2500
1500 CHAIN MERGE "TUTOF1",1510,ALL
1510 LEVS="E"+RIGHT$(LEVS,1):BEEP:GOSUB 20000
1515 CLS:LOCATE 15,20:PRINT " 잠시 기다리시오."
1530 CHAIN MERGE"TUTOF1",1510,ALL

```

(4) 問項 프레임의 主要部分

```

40500 REM SOLUTION 59
40510 LOCATE 6,10:PRINT " 용수철의 변형연결"
40520 LOCATE 8,16:PRINT " F = k x"
40530 LOCATE 10,16:PRINT " F = k x"
40540 LOCATE 12,16:PRINT " F = F+F = k x + k x
      =(k + k) x"
40550 LOCATE 14,16:PRINT " =k'x"
40560 LOCATE 16,8:PRINT " 따라서 k' = k + k =
      k + k = 2k"
40565 LOCATE 18,10:PRINT " 답 3 번"
40570 PUT(130,118),SQ1:PUT(170,118),SQ1:PUT
      (130,150),SQ2:PUT(170,150),SQ2
40575 PUT(170,182),SQ1:PUT(210,182),SQ2:PUT
      (250,182),SQ1:PUT(307,182),SQ2
40580 PUT(380,182),SQ1:PUT(417,182),SQ2:PUT
      (210,247),SQ2:PUT(173,248),SQ1
40585 LOCATE 22,40:PRINT " 계속하시려면 ENTER
      KEY 누르시오".
40590 HS=INPUT$(1)
40595 RETURN

```

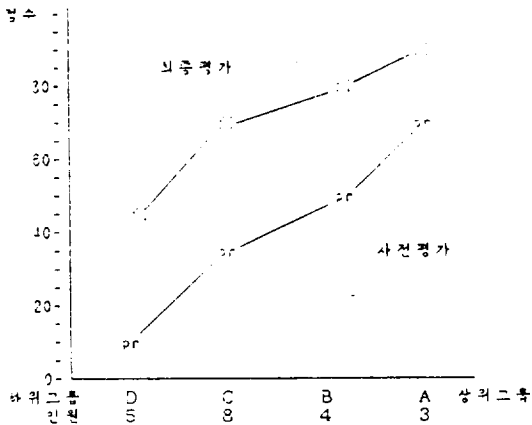
6. 實施結果의 檢討

본 프로그램으로 學習한 結果는 <그림4> <그림5>과 같다.

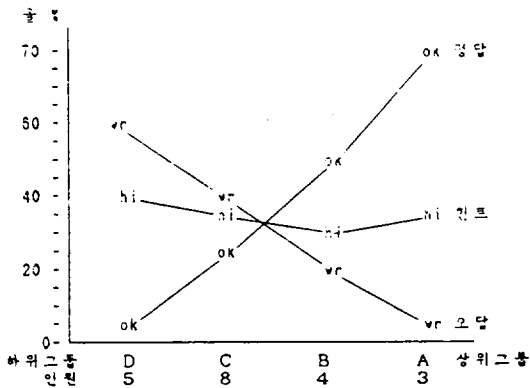
<그림4>은 事前評價와 最終評價 結果를 比較한 것인데 20명이라는 制限된 對像이기는 하지만 상당한 向上率을 보이고 있다.

事前評價에서 平均 51점 이상을 얻은 7명의 上位 AB 두 그룹은 모두 最終評價에서 目標한 80점 이상을 얻었으며 下位 CD 두 그룹인 13명은 最終評價에서 平均 50점밖에 얻지 못했으나 26점의 向上을 보여 주었다. 評價는 30명을 대상으로 하였는데 학습 도중에 10명이 學習에 不誠實하여 이 統計에는 빠져 있다. 이 學生들의 成績을 勘案한다면 向上度가 보다 낮아질 것이 분명하므로 學生들의 學習의욕을 고취시키는 다른 조치가 필요하다.

<그림5>은 個別學習의 履曆으로서 첫번째 正答을 마친경우(실선), 1차 誤答으로 힌트를 제공받아 正答을 마친경우(파선), 결국 解説을 제공받은 경우(점선)를 타나낸 것이다. 상위 A 그룹은 오답율이 3%에 불과하나 下位 D 그룹은 오답율이 62%에 달함을 보여주고 있으며, 상위 A 그룹의 正答율이 70%인데 비하여 하위 D 그룹은 6%에 불과하였다.



<그림 4> 사전평가와 최종평가의 비교



<그림 5> 개별학습의履歴

3. 結 論

1. 結 論

컴퓨터를 學校教育에서 다루어야 할 部分은 컴퓨터의 發展史, 社會的影響, 社會의 문제 등과 같은 컴퓨터 認識水準 (computer awareness) 과 프로그래밍, 시뮬레이션, 그래픽, 問題解決 패키지 등과 같은 컴퓨터 리터러시 (computer literacy) 가 있다. (박성익, 1988) 이 중에서 問題解決 패키지가 CAI 인데 이를 위해서는 코스웨어가 중요하고 코스웨어를 위해서는 著作者 言語가 반드시 있어야 한다. 이 著作者 言語는 코스設計 支願, 코스入力支願, 코스 디버

그 支願, 코스 編輯 支願, 코스資料 作成支願, 評價 지원 등이 가능해야 한다. (中山和彦, 1987) 그러나 우리나라에서는 이 著作者 言語가 없어 CAI 研究에 制限을 받아 훌륭한 프로그램이 作成되지 못하고 있다.

본 研究도 著作者 言語를 사용한 것이 아니고 BASIC 言語를 사용한 것이기 때문에 많은 制限이 있어 一般化 하기에는 다소 問題가 있다.

이상의 研究 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 一般物理學 力學單元의 CAI 學習目標를 제시하였다.
2. 事前評價 20문항, 個別學習 90문항, 最終評價 20문항을 開發하였다.
3. BASIC 言語로 주프로그램, 事前評價 루틴, 個別學習 루틴, 最終評價 루틴으로 構成된 프로그램을 開發하였다. (63,000번으로 구성)
4. 開發된 프로그램으로 20명의 學生에게 適用해 본 結果는 學習能率이 현저히 向上됨을 보여주었다.
5. 數年間 施行하면서 修正하는 일은 앞으로의 課題이다.

참 고 문 헌

1. 정택희, CAI 模型 프로그램 開發研究, 韓國教育開發院, 1985.
2. 김창식, 理工系學生을 위한 一般物理學 CAI 프로그램의 開發, 韓國科學教育 學會誌, 1989. 6.
3. 物理學研究會, 一般物理學, 二友出版社, 1989.
4. 中山和彦, 컴퓨터 支願 教育시스템 CAI, 東京書籍, 1987.
5. D. WATSON. Developing CAL, harper & row. 1987.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF MECHANICS CAI PROGRAM FOR UNIVERSITY SCIENCE STUDENT

Chang-Sik Kim

Department of physics education, Kookmin University Seoul, Korea

(Received february 20, 1990)

Mechanical CAI Program was developed for university science student. The program was mainly aimed for individual study.

The program was written in BASIC and construct 130 s flames.

This project was supported by Ministry of Education research fund.

Summary of this study is as follows.

1. The program consisted of main, pretest, tutorial, final, and several other routines for program control.
2. This program written in BASIC.
3. 20 flames for pretest routine, 90 flames for tutorial routine, 20 flames for final test routine were developed.
4. The expected rate of achievement for final test was set 80%.
5. Average mark of final test was 70.2 point through the all course of program. This means that program was constructed of well.