



## CAIプログラム学習「有限小数と循環小数」について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中村, 紘司 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.32150/00002490">https://doi.org/10.32150/00002490</a>

# CAIプログラム学習「有限小数と循環小数」について

中 村 紘 司

## 要 旨

教員養成大学での教職教育の1つである「小学算数」の講義を担当して「数」についての知識は非常に大事である事を感じている。自然数・整数・有理数・実数という様に数概念が拡張されるが、中でも「有理数」は代数的にも重要であって、多くの要素を含んでいる。それらのうち「循環小数と有限小数」について勉強するCAI学習プログラムを作成し、本学に設置されているCAIシステムを使い、本学の学生（文系及び幼稚園課程）60名に学習させた。学習した内容を講義の中にとり入れていくための時間的制限や数少ない学習端末によって捌かなければならないなど困難はあったが、学習の前と後とでは差がある（即ち、学習の効果はあった）事が確められただけでなく、その他のいくつかの事が確められた。例えば、類似した問題が易しいのから難かしいのへと数題並べた場合次第に出来が良くなる様であるとか、問題群を同様に並べた場合には、群の間にギャップがある（有限級数から（無限）級数へと変るとつまづいてしまう）とかである。又、性別・専攻別といった事による違いは見られない様であるという事もわかった。更には、学んだ事以外にあれこれと考えをめぐらそうとしないらしい事も確められ、授業前提行動の難しさを知らされたが、学生のこのような態度・状態は憂うべきであろう。

このCAI学習プログラムに関する一連の観測が終わった後、アンケートを行ったが、学生の反応は比較的好意的であった。中には、復習になったとか、知らなかった事を学んだなどの回答もあった。学習内容については殆んどの者が有限小数を循環小数へ、逆に循環小数を有限小数に表わす事を学んだと言っていて、ほぼ内容についての理解はなされた様である。他には、級数の和を求める事を学んだ（プログラムを作成した意図そのものではない）と思っている者が居たり、甚だしいのは、数列の学習をしたと思っている者も数名は居た。

そして、人間性の欠如とか教える側からの一方通行といった感想があったり、反復して学べるとか一人で学べて良いとか系統的に学べるといったCAIプログラム学習への意義を認める意見もあった。

併せて、以後講義とCAIプログラム学習を有機的に組合わせて進めていく上で貴重な事が得られた。

以下に、今回の試みについて一部考察した事を述べる。

## 緒 言

教員養成を主たる目的とする大学に勤め、教職教育の一端を担う者の一人として「小学算数」を講義していて、義務教育課程の教員として要求される数学（算数）の専門知識について心を砕く事が多い。限られた在学年数で、統花的に各教科の履修を強いられる中で、どの様にしたら有効に数学を学ばせる事が出来るであろうかという事が問題になる。そのため、筆者は「有理数」につい

て出来るだけ豊富な取扱い（多面的な見方）をするという事を心がけて数年にわたり講義をして来たが必ずしも筆者の望む効果はなかった。では、その原因は何か、どんな知識が備っていれば講義の内容を理解出来それを通して数学の一端に触れる事が可能となるのか、又、聴講した内容が自分自身のものとなって将来教材を扱うときの助けとなる様な教授法とは一体どの様な方法か、学んだ事が記憶として持続しそれをもとにして発展するためにはどんな教え方が良いのか、内容によって異ってくるのか、もしそうであるなら、内容と教授方法の関係は何かなどといった事柄について探ってみようと思った。

端緒として、有理数の種々な話の中で「有限小数と循環小数」の関りを学習プログラムとして作成した。確かに、教科書・市販の書物（参考書など）を読めば学べるのではあるが、ねらいとした事を調べるためには独自の構想によるプログラムが要る。学生には、予め勉強する様に催しても、実際には勉強しないので、ある程度拘束し強制的に学ばせる事が必要である。「数」に関する種々の知識について既に学んで来てはいるであろうが、それらの復習などをする事と高校までの間に（しかも、受験との関りもあって）比較的手抜かされていると思われる「極限」・「級数」などの概念も加味しながら（高校の時に、数学Ⅱ及び数学Ⅲについても十分に勉強していればよいのであるが）、いわゆる大学としての扱い方をする事を併せ持つ事が、教員養成大学の講義の1つの特徴であるとの認識による。その様な訳で「有理数」を選んだ。

即ち、級数（等比級数・巾級数）、有限級数と（無限）級数の和、極限、特に公比が1より小の等比級数の和、10進記数法などといった要素が（代数的には、もちろん別の見方をする）盛り込まれている。したがって、これらを盛り込んだ学習プログラムを作り、それを学習する事によって、筆者のねらいとした「有理数は循環小数に表わせる。又、その逆も成り立つ」なる命題を解く事が可能になるのを期待した。そのぶん、講義の時間が節約出来れば、更に情報を聴講生に提供出来るであろう。

以上の事を念頭におき、

- (1) 学習者は昭和52年度前期「小学算数」聴講生（数学を専攻しない者・理系の学生でない者）を対象とした
- (2) 30分程で終わる様にする（昼休み・放課後・休欠講の時間など暇を利用し、気軽に学べる）という事をねらいとした
- (3) 更には、本学に設置されているCAIシステムの積極的採用・使用（現在のシステムの使用率を上げるというだけでなく、将来どうしても我々との関りが大きく・強くなって来るであろうから、単なる機器としてではなくコミュニケーションの媒体としての役割を果たせるための方策にとり組まなくては行けないし、もっとも身近には学生の空き時間の利用ばかりでなく、講義の1つの形態としての研究が必要であろう。）

などを考慮し、まずは初等的な学習プログラムを作る事から始めた。

学習のポイントとしては、中学校でも扱われるであろう「 $0.\dot{9}=1$ 」の定着とし、そのためには有限等比級数の和を求める事から始まり、等比級数の和を求める事、そして、 $0.\dot{9}$ を $\frac{9}{10}$ を公比とする等比級数としてその和を求める事が続き、更にはその結果の応用として、循環小数と有限小数の互いの形の表現について数題の練習といった形で展開した。

この学習プログラムを「有限小数と循環小数」と名付け「N5」と付した。内容は（表1）に示した。

表 1

ステージ	フレーム	内 容
	表 題	「有限小数と循環小数」(N5)
	導 入	
1	Q101	$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots + \frac{1}{2^n}$ の和を求めよ。
	Q102	$\frac{1}{5} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{5^3} + \dots + \frac{1}{5^n}$ の和を求めよ。
	Q103	$\frac{3}{5} + \frac{3}{5^2} + \frac{3}{5^3} + \dots + \frac{3}{5^n}$ の和を求めよ。
	Q104	$\frac{4}{7} + \frac{4}{7^2} + \frac{4}{7^3} + \dots + \frac{4}{7^n}$ の和を求めよ。
	Q105	$\frac{9}{10} + \frac{9}{10^2} + \frac{9}{10^3} + \dots + \frac{9}{10^n}$ の和を求めよ。
	説 明	有限等比級数の和の求め方(部分和)
2	Q106	$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots + \frac{1}{2^n} + \dots$ の和を求めよ。
	Q107	$\frac{1}{5} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{5^3} + \dots + \frac{1}{5^n} + \dots$ の和を求めよ。
	Q108	$\frac{2}{9} + \frac{4}{9^2} + \frac{8}{9^3} + \dots + \frac{2^n}{9^n} + \dots$ の和を求めよ。
	Q109	$\frac{3}{8} + \frac{3}{8^2} + \frac{3}{8^3} + \dots + \frac{3}{8^n} + \dots$ の和を求めよ。
	Q110	$\frac{9}{5} + \frac{9}{5^2} + \frac{9}{5^3} + \dots + \frac{9}{5^n} + \dots$ の和を求めよ。
	Q111	$\frac{9}{10} + \frac{9}{10^2} + \frac{9}{10^3} + \dots + \frac{9}{10^n} + \dots$ の和を求めよ。
	説 明	等比級数の和について(公比が1より小の場合)
3	Q112	$\frac{9}{10} + \frac{9}{10^2} + \frac{9}{10^3} + \dots + \frac{9}{10^n} + \dots$ を小数に表わせ。
	説 明	$0.\dot{9} = 1$ について認識させる。
4	Q113	3を循環小数に表わせ。
	Q114	1.7を循環小数に表わせ。
	Q115	2.83を循環小数に表わせ。
5	Q116	$1.\dot{9}$ を有限小数に表わせ。
	Q117	$3.4\dot{9}$ を有限小数に表わせ。
	Q118	$4.537\dot{9}$ を有限小数に表わせ。
	学習のまとめ	

方 法

( i ) CAI システムの使用

昭和 46 年 3 月に本学に設置された CAI システム (HITAC-10 により制御され、スライド方式の学習端末が 4 台によって構成されている) を使用し、前述の学習プログラムを実行した。

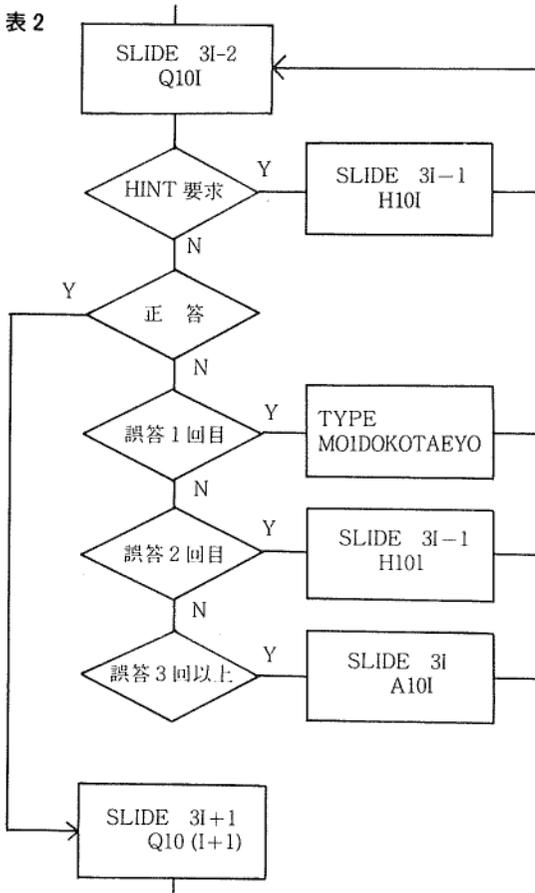
この CAI 学習のための学習プログラムの作成に当り、本学の中川 正教授が開発されたコースジェネレータともいふべき、CAI による学習プログラムの自動編集プログラム [1] を使用させて戴いた。

これは、学習プログラムの作成にとって大変有力な武器であって、例えば今回の 18 フレーム (18 問) の学習プログラムが 2 時間程で CAI 標準言語ティーチトランにより完全なソースプログラムに出来上った。

このところは、コースウェアの 1 つの支障となっていて (学習プログラム作成の殆んどの労力が費されるといっても過言ではない程である)、そこに光明が当てられたのである。

また、自動編集プログラムの使用、此度の学習プログラムの作成は筆者にとって始めてであるなどによって、各フレームの構成は問題提示のためのスライド・ヒント提示のためのスライド・最後には答を提示するためのスライド 1 枚ずつ計 3 枚より成り、その他いくつかの KR 情報を用意するといった、かなり簡単な形にした。各フレームの流れ図は (表 2) に示した。

表 2



しかも、各問毎に要求する答は、選択肢を 5 個用意しその中から 1 個の正解を選ばせる様にした。

( ii ) 学習プログラム「N5」について

重複するが、「0.9 = 1」なる事を、大学での教育という立場からとらえ、それを学生に学ばせるという方針で (表 1) の様な学習プログラムを作成した。先ず、(1) 級数 (等比級数) (2) 有限級数 (3) (無限) 級数 ((1), (2), (3) は互いに絡み合っている、もちろん、巾級数としては、収束するものを扱っている) (4) 極限 (5) 記数法 (10 進数) などを配慮し、既に (表 1) に示した様に 5 個のステージ (1) 有限等比級数 (2) (無限) 等比級数 (3) 10 進小数と等比級数 (第 12 フレーム 1 つしかないが、ここを 1 つのポイントとした) (4) 有限小数を循環小数に表わす (5) 循環小数を有限小数に表わす ((4), (5) の両ステージは練習問題) を考え、夫々のステージ内での配列は (i) 易から難へ、簡単なものから複雑なものへと問題を並べ (ii) 夫々のフレームにつけたヒントは問題の順に、詳しい説明から雑な説明へ (iii) 答も同様の調子で行った。

(iii) 学習及び学習者について

実際、昭和 52 年度前期始めに前提テスト(表 3)をしてから、次に 1 度に 4 人ずつではあるが CAI プログラム学習をやらせた。学習をする直前には事前テスト(表 4)を、終了直後には同一内容の事後テスト(1)(表 5)をした。以後 2 回事後テスト(2)、(3)(表 6、7)を実施した。

表 3

- 前提テスト
- 次の  $x$  を求めなさい。
- (1)  $\frac{5}{9}x = 4$
- (2)  $\frac{4x-1}{3} = \frac{x}{2} + 2$
- (3)  $2 - \frac{7x-1}{2} = 3$
- 次の極限値を求めなさい。
- (4)  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{2^n}\right)$
- (5)  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{2n}\right)$
- (6)  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{1 + \frac{1}{2n}}$
- (7)  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2n^2-1}{n^2+1}$
- (8)  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{2n^2+1}{n+1} + \frac{3-2n^2}{n}\right)$
- 次の小数の循環節を示しなさい。
- (9) 0.25216216…………
- (10) 0.666…………

表 4

- 事前テスト
1. 次の等比級数の和を求めよ。
- $\frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{27} + \dots =$
2. 次の有限小数を循環小数で表わしなさい。
- 0.437 =
- 3.16 =
3. 次の循環小数を有限小数で表わしなさい。
- 0.16999………… =
- 6.5999………… =

表 5

- 事後テスト(1)
1. 次の等比級数の和を求めよ。
- $\frac{2}{7} + \frac{4}{7^2} + \frac{8}{7^3} + \dots =$
2. 次の有限小数を循環小数で表わしなさい。
- 0.2568 =
- 7 =
3. 次の循環小数を有限小数で表わしなさい。
- 0.374999………… =
- 8.9 =

表 6

- 事後テスト(2)
- 次の小数を循環小数に表わせ。
- (1) 4 =
- (2) 0.26 =
- (3) 0.333 =
- (4)  $0.ab =$   
但し  $a, b$  は自然数で  $0 \leq a \leq 9 (a=0$  であってもよい),  $0 < b \leq 9$  とする。
- (5)  $0.abcc =$   
但し  $a, b, c$  は自然数で  $0 \leq a, b \leq 9 (a=b=0$  であってもよい),  $0 < c \leq 9$  とする。

表 7

- 事後テスト(3)
1. 次の各 10 進小数を巾級数の型に表わせ。
- 0.625371 =
- 0.764 =
- 0.36213 =
- 2.78296 =
- 315.2874 =
2. (イ) 2 進小数を書け。  
(ロ) 6 進小数を書け。
3. 次の級数の和を求めよ。
- (イ)  $\frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{27} + \dots =$   
(ロ)  $\frac{1}{7} + \frac{4}{7^2} + \frac{8}{7^3} + \dots =$
4. 5 進小数 0.324 を有限小数で表わせ。

各テストをすべて受け、CAI学習をした者（すべての項目にわたりデータをとれた）は、結局、56名で小・中課程の文系の学生は32名、幼稚園課程は24名であった。

(iv) 学習記録について

本学のCAIシステムによって、測定出来るものは、学習時間、ヒントの回数、ヒントを呼んだか否か、どのような状態でヒントの要求があったか、答を見たか否かなどの学習履歴についてである。各問題毎に整理し、各テストの結果もデータとして加えると、かなり大きなデータとなるので、この様なCAI学習のデータ処理のため北海道大学大型計算機センター(FACOM 230-75)にて、統計パッケージSPSSを使用した。

測定した項目（時間以外のもの）について数値化するために

1回で正答の場合	7点
1回目で誤答2回目で正答の場合	6点
2回以上誤答したり、始めからヒントを見た場合はその回数に応じて	5～1点
ついに、答を見てしまった場合	0点

という様に得点を与えた（かならずしも順序良く、誤答の後でヒントを見る者ばかりでないし、ヒントを見た後再び誤答したりヒントを呼び出したりなど、一律には扱えない場合もあるが、敢えて上記の様に整理してみた。）、又、各テストについては、問題毎に出来ていれば1、出来ていなければ0（ダミー変数）を付した。測定項目（変数）とその符号化は以下に述べる。

学生番号	NO
性	SEX
専攻	SENKO

（更に、社会：SHAK、英語：EIGO、教育心理：SHIN、教育：KYOI、幼教：YOUCの様に細分化した。これは、サブファイルの作成時に有効である）

前提テスト	ZEN0I (I = 1, 2, …, 10)
事前テスト	PRE0I (I = 1, 2, …, 5)
学習得点と時間	VAR0I (I = 1, 2, …, 36但し、奇数ならば VAR0I は $\frac{I+1}{2}$ 問の得点、偶数ならば VA0I は $\frac{I}{2}$ 問の学習時間)
事後テスト	POS 1 0 I (I = 1, 2, …, 5)
事後テスト	POS 2 0 I (I = 1, 2, …, 5)
事後テスト	POS 3 0 I (I = 1, 2, …, 10)

以上の様に、出来る限りの測定項目について素データを取りそろえておけば、前提テストの総合点(ZEN 11)を求めたい場合には

$$ZEN11 = ZEN01 + ZEN02 + \dots + ZEN10$$

とすればよいし、事前・各事後テストの総点(PRE06, POS103, POS206, POS311)についても同様にして

$$PRE06 = PRE01 + PRE02 + \dots + PRE05$$

$$POS106 = POS101 + POS102 + \dots + POS105$$

$$POS206 = POS201 + POS202 + \dots + POS205$$

$$POS311 = POS301 + POS302 + \dots + POS310$$

CAI プログラム学習「有限小数と循環小数」について

とすればよい。又、問題に比重を考えた場合でも、夫々の変数に相当するウエイトをつける事も可能である。その他の変数変容であっても、簡単な変数の算術式にていかようにも出来る。

更には、必要な変数について、あるいは各変数の中で必要なケースを抜き出すといったデータ検索及びサブファイルの構成も出来るし、データの追加・並べ換えなども自由自在に可能である。以下に、その一例を示す

```

RUN NAME      ANALYSIS OF CAI( N 5 ) PROGRAMMED INSTRUCTION
VARIABLE LIST NO+SEX+SENKO+ZENO1 TO ZEN10+PRE01 TO PRE05+VAR001 TO VAR036+
               POS101 TO POS105+POS201 TO POS205+POS301 TO POS310+ZSURYO
INPUT MEDIUM  CARD
INPUT FORMAT  FIXED(F5.0+3X+A2+X+A4+5X+11F5.0/15F5.0/15F5.0/15F5.0/15F5.0/
               F10.5)
    
```

ACCORDING TO YOUR INPUT FORMAT, VARIABLES ARE TO BE READ AS FOLLOWS

VARIABLE	FORMAT	RECORD	COLUMNS
NO	F 5. 0	1	1- 5
SEX	A 2	1	9- 10
SENKO	A 4	1	12- 15
ZENO1	F 5. 0	1	21- 25
ZENO2	F 5. 0	1	26- 30
ZENO3	F 5. 0	1	31- 35
ZENO4	F 5. 0	1	36- 40
ZENO5	F 5. 0	1	41- 45
ZENO6	F 5. 0	1	46- 50
ZENO7	F 5. 0	1	51- 55
ZENO8	F 5. 0	1	56- 60
ZENO9	F 5. 0	1	61- 65
ZENO10	F 5. 0	1	66- 70
PRE01	F 5. 0	1	71- 75
PRE02	F 5. 0	2	1- 5
PRE03	F 5. 0	2	6- 10
PRE04	F 5. 0	2	11- 15
PRE05	F 5. 0	2	16- 20
VAR001	F 5. 0	2	21- 25
VAR002	F 5. 0	2	26- 30
VAR003	F 5. 0	2	31- 35
VAR004	F 5. 0	2	36- 40
VAR005	F 5. 0	2	41- 45
VAR006	F 5. 0	2	46- 50
VAR007	F 5. 0	2	51- 55
VAR008	F 5. 0	2	56- 60
VAR009	F 5. 0	2	61- 65
VAR010	F 5. 0	2	66- 70
VAR011	F 5. 0	2	71- 75
VAR012	F 5. 0	3	1- 5
VAR013	F 5. 0	3	6- 10
VAR014	F 5. 0	3	11- 15
VAR015	F 5. 0	3	16- 20
VAR016	F 5. 0	3	21- 25
VAR017	F 5. 0	3	26- 30
VAR018	F 5. 0	3	31- 35
VAR019	F 5. 0	3	36- 40
VAR020	F 5. 0	3	41- 45
VAR021	F 5. 0	3	46- 50
VAR022	F 5. 0	3	51- 55
VAR023	F 5. 0	3	56- 60
VAR024	F 5. 0	3	61- 65
VAR025	F 5. 0	3	66- 70
VAR026	F 5. 0	3	71- 75
VAR027	F 5. 0	4	1- 5
VAR028	F 5. 0	4	6- 10
VAR029	F 5. 0	4	11- 15
VAR030	F 5. 0	4	16- 20
VAR031	F 5. 0	4	21- 25
VAR032	F 5. 0	4	26- 30
VAR033	F 5. 0	4	31- 35
VAR034	F 5. 0	4	36- 40
VAR035	F 5. 0	4	41- 45
VAR036	F 5. 0	4	46- 50
POS101	F 5. 0	4	51- 55
POS102	F 5. 0	4	56- 60
POS103	F 5. 0	4	61- 65
POS104	F 5. 0	4	66- 70
POS105	F 5. 0	4	71- 75
POS201	F 5. 0	5	1- 5
POS202	F 5. 0	5	6- 10
POS203	F 5. 0	5	11- 15
POS204	F 5. 0	5	16- 20
POS205	F 5. 0	5	21- 25
POS301	F 5. 0	5	26- 30
POS302	F 5. 0	5	31- 35
POS303	F 5. 0	5	36- 40
POS304	F 5. 0	5	41- 45
POS305	F 5. 0	5	46- 50
POS306	F 5. 0	5	51- 55
POS307	F 5. 0	5	56- 60
POS308	F 5. 0	5	61- 65
POS309	F 5. 0	5	66- 70
POS310	F 5. 0	5	71- 75
ZSURYO	F10. 5	6	1- 10

中村 紘 司

THE INPUT FORMAT PROVIDES FOR 75 VARIABLES. 75 WILL BE HEAD  
IT PROVIDES FOR 6 RECORDS ('CARDS') PER CASE. A MAXIMUM OF 75 'COLUMNS' ARE USED ON A RECORD.

```

N OF CASES          56
COMPUTE             ZEN11=ZEN01+ZEN02+ZEN03+ZEN04+ZEN05+ZEN06+ZEN07+ZEN08+ZEN09+ZEN10
COMPUTE             PRE06=PRE01*PRE02*PRE03*PRE04*PRE05
COMPUTE             POS106=POS101+POS102+POS103+POS104+POS105
COMPUTE             POS206=POS201+POS202+POS203+POS204+POS205
COMPUTE             POS311=POS301+POS302+POS303+POS304+POS305+POS306+POS307+POS308+
                   POS309+POS310
COMPUTE             ZEN15=ZEN09+ZEN10
VAR LABELS         NO NUMBER OF STUDENT/
                   SEX SEX OF STUDENT/
                   ZEN11 TOTAL OF PREMISE TEST/
                   PRE06 TOTAL OF PRE TEST/
                   POS106 TOTAL OF POST TEST 1/
                   POS206 TOTAL OF POST TEST 2/
                   POS311 TOTAL OF POST TEST 3/
                   ZSUKYO HAYASI 3 RUI OF PREMISE TEST/
TASK NAME          LIST OF CAI( N 5 ) DATA
LIST CASES        CASES=56/VARIABLES=ALL
    
```

READ INPUT DATA

ANALYSIS OF CAI( N 5 ) PROGRAMMED INSTRUCTION  
LIST OF CAI( N 5 ) DATA  
FILE NONAME (CREATION DATE = FEB.14, 1978)

FEB.14, 1978

PAGE 4

CONTENTS OF CASE NUMBER 1

SEQNUM	SUBFILE	NONA	CASWGT	NO	SEX
0.	ZEN01	1.	ZEN02	1.	ZEN03
1.	ZEN06	1.	ZEN07	1.	ZEN08
0.	PRE01	0.	PRE02	0.	PRE03
0.	VAR001	5.	VAR002	229.	VAR003
5.	VAR006	190.	VAR007	5.	VAR008
155.	VAR011	7.	VAR012	39.	VAR013
5.	VAR016	187.	VAR017	7.	VAR018
38.	VAR021	7.	VAR022	38.	VAR023
7.	VAR026	16.	VAR027	7.	VAR028
15.	VAR031	7.	VAR032	10.	VAR033
7.	VAR036	6.	PUS101	1.	POS102
1.	POS105	1.	PUS201	1.	POS202
1.	POS205	1.	PUS301	1.	POS302
0.	POS305	0.	POS306	1.	POS307
1.	POS310	1.	ZSURYO	0.	ZEN11
5.	POS206	5.	PUS311	8.	ZEN15

CONTENTS OF CASE NUMBER 2

SEQNUM	SUBFILE	NONA	CASWGT	NO	SEX
0.	ZEN01	1.	ZEN02	1.	ZEN03
1.	ZEN06	1.	ZEN07	1.	ZEN08
1.	PRE01	0.	PRE02	0.	PRE03
0.	VAR001	5.	VAR002	89.	VAR003
5.	VAR006	77.	VAR007	4.	VAR008
66.	VAR011	7.	VAR012	85.	VAR013
5.	VAR016	118.	VAR017	5.	VAR018
27.	VAR021	5.	VAR022	80.	VAR023
7.	VAR026	17.	VAR027	7.	VAR028
12.	VAR031	7.	VAR032	32.	VAR033
7.	VAR036	7.	POS101	0.	POS102
1.	POS105	1.	POS201	0.	POS202
1.	POS205	1.	POS301	0.	POS302
0.	POS305	0.	POS306	1.	POS307
0.	POS310	0.	ZSURYO	0.	ZEN11
4.	POS206	4.	PUS311	2.	ZEN15

CONTENTS OF CASE NUMBER 3

SEQNUM	SUBFILE	NONA	CASWGT	NO	SEX
0.	ZEN01	1.	ZEN02	1.	ZEN03
1.	ZEN06	1.	ZEN07	1.	ZEN08
1.	PRE01	0.	PRE02	0.	PRE03
0.	VAR001	4.	VAR002	515.	VAR003
7.	VAR006	90.	VAR007	7.	VAR008
30.	VAR011	6.	VAR012	196.	VAR013
5.	VAR016	120.	VAR017	7.	VAR018
71.	VAR021	7.	VAR022	25.	VAR023
7.	VAR026	22.	VAR027	7.	VAR028
13.	VAR031	7.	VAR032	8.	VAR033
7.	VAR036	7.	POS101	1.	POS102
1.	POS105	1.	POS201	1.	POS202
0.	POS205	0.	PUS301	0.	POS302
0.	POS305	0.	POS306	1.	POS307
0.	POS310	1.	ZSURYO	0.	ZEN11
5.	POS206	3.	PUS311	3.	ZEN15

因みに、上の例では

LIST CASES

CASES = 56 / VARIABLES = ALL

として各ケース毎に入力したすべての変数を書き出させたが、これと次に述べる記述統計 (CON-  
DESCRIPTIVE) のプログラムとにより、データの誤りを検出する事が出来、非常に便利である。

## 分析・考察

## i) 記述統計

前にも述べたが、30分程の学習プログラムを作り実施してみると、速い学生で20分、遅い者で60分かかった。平均すると24分44秒であった。

表 8

	ZENTEI TEST	PRE- TEST	Q 101		Q 102		Q 103	
MEAN	6.107	1.214	4.661	245.393	5.375	142.839	6.161	115.821
STD DEV	2.229	1.816	2.429	215.141	2.293	126.789	1.345	138.927
RANGE	7	5	7	1070	7	630	7	755
MINIMUM	3	0	0	25	0	27	0	5
MAXMUM	10	5	7	1095	7	657	7	760

	Q 104		Q 105		Q 106		Q 107	
MEAN	5.929	97.607	6.125	82.696	4.857	154.446	5.857	98.446
STD DEV	1.559	79.584	1.453	68.627	2.119	133.603	1.721	89.919
RANGE	7	330	7	339	7	632	7	432
MINIMUM	0	6	0	11	0	15	0	11
MAXMUM	7	336	7	350	7	647	7	443

	Q 108		Q 109		Q 110		Q 111	
MEAN	5.768	81.804	6.071	77.821	6.25	50.286	5.554	69.536
STD DEV	1.561	75.548	1.594	106.063	1.48	55.332	2.427	71.19
RANGE	7	425	7	646	7	389	7	464
MINIMUM	0	6	0	5	0	4	0	7
MAXMUM	7	431	7	651	7	393	7	471

	Q 112		Q 113		Q 114		Q 115	
MEAN	5.5	115.036	6.536	35.089	6.768	24.679	6.804	21.214
STD DEV	1.684	101.372	1.144	31.425	0.632	41.059	0.98	22.499
RANGE	7	567	7	173	3	291	7	118
MINIMUM	0	16	0	10	4	7	0	7
MAXMUM	7	583	7	183	7	798	7	125

	Q 116		Q 117		Q 118		POST- TEST(1)	POST- TEST(2)
MEAN	6.554	47.214	6.857	12.643	6.839	11.732	4.054	4.125
STD DEV	1.439	88.176	0.943	11.311	0.949	11.353	0.883	1.322
RANGE	7	465	7	60	7	60	5	5
MINIMUM	0	8	0	5	0	4	0	0
MAXMUM	7	473	7	65	7	64	5	5

	POST-TEST(3)
MEAN	3.429
STD DEV	2.026
RANGE	10
MINIMUM	0
MAXMUM	10

(表 8) は記述統計のプログラム  
<sup>1</sup>CONDESCRIPTIVE <sup>16</sup>ALL

によって得たものをまとめたものである。これによると、全体の傾向としては、各ステージ毎に見ると始めの問題は時間がかかり、得点も低く、両者ばらつきも大きいですが、次第に通過時間が短かく、得点も高くなり、それらのばらつきも小さくなっていく事がわかる。

単位各テスト：点， Q10I;左側(得点)：点，  
 右側(時間)：秒

第 4, 5 ステージでは、問題毎の差が殆んどないが、その後の事後テストなどでもわかる様に、具体的な問題についてはよく出来ると見てよいであろう。しかし、一寸一般的な形で試すとすぐに出来が悪くなってしまう。このあたりに、数学教育の一つの問題がひそんでいると思われる。個々の問題については何んとかその場しのぎで解けても、知識を系統立て、抽象的に、体系的に、論理的に展開する能力が過去に育くまれる事がなかったのではないかと思われる。

その他、各テスト間の比較や、各変数の相関などについても調べた [2]。

(ii) 分散分析

[2] に於ても、少し述べているのではあるが、各テスト間の比較

事前テストと事後テスト (1)	I
事前テストと事後テスト (2)	II
事前テストと事後テスト (3)	III

を前提テストの結果を元に調べてみた。

先ず、全体 (全ケース)、性別 (男と女の 2 つのサブファイル)、専攻別 (小中課程と幼稚園課程、小中課程を更に細分化した 5 つのサブファイルと夫々の課程を男女に分けたもの)、前提テストを林の数量化 3 類

<sup>1</sup>HAYASI 3 <sup>16</sup>VARIABLES=ZEN01 TO ZEN10(1,1)/

によって、3 つのグループ (上, 中, 下 (前提テストの出来具合による)) に分けたもの、前提テストの 6, 7, 8 問が出来た場合とそうでない場合 (ZEN06, ZEN07, ZEN08 = 1 又は = 0), 前提テストの 9, 10 問は共に出来たか否かなので ZEN15 = ZEN09 + ZEN10 に対し、ZEN15 = 2 又は = 0 の 2 通りのサブファイルという具合に夫々の場合について調べてみたのが (表 9) である。

この表は SPSS の BREAKDOWN によって得られる分散分析表を簡単な形に (F 値だけを) まとめたものである。さて、次の表 (表 10) は事前テストと事後テスト (1) の各問の正解率 (単位は%) を示したものである。

表 10

TEST \ 問題番号	01	02	03	04	05
PRE	5.4	26.8	26.8	30.4	32.1
POS(1)	33.9	89.3	96.4	91.1	96.4

この (表 10) によれば、事前テストと事後テスト (1) との間に変な違いのある事が見てとれる。しかし、(表 9) に於て、帰無仮説  $H_0$  : 主効果 = 0 を立て検定した結果いずれも 1% の危険率で棄却出来るという事は見だせない。即ち、前提テストを元にした単なる比較だけでは学習効果といったものを見出すのは困難である様である。

林の数量化 3 類による前提テストの結果の分け方にも問題があるであろうし、いやテストそれ自体に問題があるであろう。適切な前提テストとは一体どんなものかという問題が出て来た事になる。

表 9

		I	II	III	
全 体		0.716(4,51)	0.399(5,50)	1.678(8,47)	
性 別	男	1.376(4,32)	0.244(4,32)	1.219(6,30)	
	女	0.466(2,16)	1.178(3,15)	1.087(6,12)	
専攻別	幼稚園教育課程	0.347(1,22)	0.538(3,20)	0.973(6,17)	
	小・中学校課程	0.159(4,27)	0.438(5,26)	0.253(6,25)	
	社会専攻	社会専攻	0.138(4,14)	0.203(4,14)	0.306(6,12)
		教育・教育心理	—	—	—
		英語専攻	—	—	—
幼 教	男	0.757(1, 7)	0.786(2, 6)	1.358(2, 6)	
		0.000(1,13)	0.409(2,12)	0.698(6, 8)	
	小・中	男	0.258(4,23)	0.348(4,23)	0.280(6,21)
		女	—	—	—
ZSURYO	上	0.222(3,14)	0.802(3,19)	1.724(7,15)	
	中	0.320(2,11)	0.238(3,10)	0.478(5, 8)	
	下	0.453(4,18)	0.357(4,13)	0.202(6,11)	
ZEN05	ZEN06=1	0.319(3,25)	0.238(5,23)	0.450(6,22)	
	ZEN06=0	0.669(4,22)	0.825(3,23)	2.058(7,19)	
ZEN07	ZEN07=1	0.222(3,14)	0.357(4,13)	0.202(6,11)	
	ZEN07=0	0.519(4,33)	0.267(4,33)	1.920(7,30)	
ZEN08	ZEN08=1	0.580(3, 3)	0.203(3, 3)	0.580(3, 3)	
	ZEN08=0	0.403(4,44)	0.321(5,43)	2.066(8,40)	
ZEN15	ZEN15=2	0.471(1,19)	0.283(3,17)	0.768(5,15)	
	ZEN15=0	1.820(4,29)	0.696(5,28)	1.801(7,26)	

—は人数が少いためF値が求まらなかった。夫々の( , )内は自由度で、左側はグループ間、右側はグループ内のである。

表11

	PRE			POS(1)		
ZEN	0.769(3,24)	0.784(4,32)	0.902(3,28)	0.858(4,23)	0.663(4,32)	1.117(4,27)
	—			—		
	0.414(2, 6)	0.067(3,15)	0.640(4,19)	0.000(1, 7)	0.161(2,16)	1.221(1,22)
PRE	0.192(3,11)			3.090(1,13)		
				0.258(4,23)	0.705(4,32)	5.475(4,27)
				—		
POS(1)				0.767(1, 7)	0.292(2,16)	3.685(1,22)
				0.000(1,13)		
POS(2)						

	POS(2)			POS(3)		
ZEN	3.042(4,23)	4.623(4,32)	1.086(5,26)	1.665(6,21)	1.713(6,30)	1.364(6,25)
	—			—		
	0.300(2, 6)	2.834(2,16)	0.184(3,20)	7.154(2, 6)	1.090(6,12)	2.750(6,17)
PRE	0.053(2,12)			0.626(6, 8)		
	0.348(4,23)	3.545(4,32)	0.438(5,26)	0.280(6,21)	1.059(6,30)	0.245(6,25)
	—			—		
POS(1)	0.786(2, 6)	4.115(2,16)	0.538(3,20)	1.258(2, 6)	1.087(6,12)	0.973(6,17)
	0.409(2,12)			0.698(6, 8)		
	4.558(4,23)	3.165(4,32)	1.684(5,26)	0.766(6,21)	0.831(6,30)	0.490(6,25)
POS(2)	6.250(1, 2)			5.250(1, 2)		
	0.237(2, 6)	3.674(3,15)	0.784(3,20)	0.130(2, 6)	1.663(6,12)	0.965(6,17)
	1.222(2,12)			0.973(6, 8)		
POS(2)				0.832(6,21)	0.997(6,30)	0.546(6,25)
				—		
				0.446(2, 6)	1.216(6,12)	1.316(6,17)
			11.33(6, 8)			

小中課程の男子	男子	小中課程
小中課程の女子		
幼稚園課程の男子	女子	幼稚園課程
幼稚園課程の女子		

の様にグループ分けした。括弧内は自由度を示すが、左側：グループ間、右側：グループ内のである。  
小中課程の女子は人数が少ないため、F値が求まらなかった。その部分には—を引いてある。

(表 11) では、単純に各テストどうし比較したものである。これによっても、効果は男女共にあつたりで性別による違いや、まして専攻別による顕著な差は認められなかった。しかし、全体としてまともと、事前テストと事後テストの成績の間にわずかながら違いが認められて来る事がわかる。即ち、全体の傾向としては、CAI 学習は効果がある様である事がわかる。

(iii) 事後テスト (2)

事後テスト (2) の結果について述べる事とする。殆んどどの学生はかなり良い点をとったのであるが、各問題の間違ひについて調べてみて共通に言える事は、循環小数の表わし方がわかっていないのではないかと思われる事である。問 1 の誤答者は 3 名いて、うち 2 名は

$$4 = 3.99$$

と答えて間違つた者であるが、この 2 名は後の問についても同様の間違ひをしていて、結局は 0 点であった。

問 2 の誤答では、数は少ないが

$$0.26 = 0.\dot{2}5$$

$$0.26 = 0.2699\cdots$$

といったのもあつたし、問 3 に於ては

$$0.333 = 0.\dot{3}$$

$$0.333 = 0.333\dot{9}$$

と答えたのも居た。問 1 の誤答者は 3 名、問 2 では 5 名、問 3 では 7 名であつたが、問 4 になると 13 名に増えた。

$$0. a b = 0. a b \dot{9}$$

$$0. a b = 0. a c b b b \cdots$$

といったのが

$$0. a b = 0. a (b-1) 99$$

なる間違ひの中に混じり (別の間違ひもあるのだが)、一般的な形にした時に取扱いに困ってしまうのではないだろうかと思われる。更には、問 5 にも見られた事であつて、決定的な間違ひというものではないにしても

$$0. a b = 0. a b + 0.0 b - 0.01 + 0.00099\cdots$$

とした者がうち 3 名いた。問 5 も殆んど同じで先の 3 名は全く同じ扱いをしているし、他には

$$0. a b c c = 0. a b (c-1) \dot{9}$$

$$0. a b c c = 0. a b \dot{c}$$

$$0. a b c b = 0. a b c b c c \cdots$$

といった者もいて全部で 14 名が誤答をした。問 4, 5 の誤答者は殆んど同一で 10 名は小・中学校課程の学生である。56 名中 32 名が小・中学校課程の学生であるので、おおよそ 3 分の 1 に当る学生が問 4, 5 を出来なかつたという事になる。文系志望者は数学をおろそかにして来た過去の姿勢をここにうかがい知る事が出来るというものである。

## 結 語

以上の事柄から CAI 学習は有効である事が改めて認識された。しかし、事後テスト (3) の結果 (この論文には述べてないが、10 進小数を巾で表わす事については殆んど出来ていないし 2 進法については半数しか出来なかつた。) からも知れる様に、前提行動としては、今一度のところである。

どの様なプログラムを組めば思考が発展して行く様になるのか。又、コミュニケーションの媒体

としてのC A Iはどの様であるべきか、適確な情報を我々に与えさせる様にするためには入力データやその処理装置はどうであるべきかなど問題は尽きない。

## 文 献

- 1) 中川 正：適応型C A I学習プログラムの自動編集，日本科学教育学会講演論文集（1977），p p 141—142.
- 2) 中村絏司：大学における授業のためのC A I（ある授業の前提行動について（1）），C A I研究報告第6号（昭和53年2月），北海道教育大学函館分校，p p 43—59.
- 3) R. S. バーリントン・D. C. メイ：確率・統計ハンドブック，森北出版，1975.
- 4) 三宅一郎・山本嘉一郎：SPSS統計パッケージI 基礎編，東洋経済新報社，昭和51年.
- 5) 三宅一郎・中野嘉弘・水野欽司・山本嘉一郎：SPSS統計パッケージII 解析編，東洋経済新報社，昭和52年.

（本学講師・函館分校）