

# 物理学 I 演習のための CAI システム

——学生の自学自習を目的とした——

川 畑 州 一\* 山 田 八 千 代\*\* 徳 川 陽 子\*\*\*

## CAI system for the exercise of physics I

Shuichi KAWABATA, Yachiyo YAMADA and Yohko TOKUGAWA

CAI (Computer Assisted Instruction) is drawing worldwide attention recently in a field of education, with the diffusion of microcomputers. It has such characteristics that not only students can study repeatedly at their own pace in order to make their comprehension more completely, but also teachers can easily manage the records of the studying process of a whole class. Teachers can grasp the degree of the comprehension of each student promptly and can give appropriate advice to him.

CAI has been carried out mainly at elementary schools but recently the new trend is observed it is adopted also in high schools and universities. However, the softwares of CAI are very meager in quality and volume at present. Therefore, we have developed new softwares for the exercise of physics by ourselves without relying on the ready-made ones. CAI system developed in this paper is also applicable to the exercise of other subjects.

### 1. はじめに

マイクロコンピュータが登場して 10 数年を経たが、普及するに従ってマイクロコンピュータは教育の場にも取入れられるようになった。最近、教育の分野ではコンピュータ支援による学習、すなわち CAI (Computer Assisted Instruction) が注目を集めている。これは世界的な現象で、イギリス、フランスなどでは積極的に行なっていて、教育におけるマイクロコンピュータの利用法の研究も活発である。

CAI とは学生が、授業のテーマをコンピュータと対話するような感覚で理解できるよう工夫され

た、コンピュータによる学習のことであるが、最近では広く一般に、コンピュータシミュレーションやコンピュータグラフィックスなど、コンピュータを学習の理解の手助けに利用する方法も指す。

CAI が盛んとなってきた理由は、来るべき情報化社会に対応する資質を学生に備えさせる配慮と、CAI では学生一人一人の理解度に応じた教育が可能になると考えられるからである。コンピュータを利用すれば、理解を徹底させるための繰り返し学習が容易で、学生はマイペースで着実に学習を行なうことができる。また教師にとっても、クラス全体の中で個々の学生の理解度を速やかに把握でき、学生に適切な指導を行ない易くなる。

我々は本大学において物理学 I 演習のための CAI を 5 年前より準備を始め、小規模ながら試み

てきた。情報処理教育のためにマイクロコンピュータが 40 台ほど本学に設置されたので、これらをハードウェアとして利用することにした。しかし、CAI の中心となるソフトウェアを市販品に頼るには、現状ではまだ質、量ともにはなはだ貧弱である。そこで、我々は既製のソフトウェアに頼らず、物理学 I 演習のための、自作の CAI システムソフトウェアと一連の演習問題ソフトを開発した。

ハードウェアの関係から、プログラム言語には N 88 Basic を用い、フロッピーディスクは 5 インチ 2D を使用することにした。また、モニターはひらがな、および漢字が表示できる高解像度ディスプレイとし、マイクロコンピュータの本体には漢字ROMを装着した。

本論文には CAI のシステム、問題作成プログラムおよび、これらのソフトウェアにより演習を試行した結果の、学生の反応などについても報告する。

## 2. CAI システムの概要

本大学には、先に述べたように、情報処理のためのプログラム言語を教育する目的で、16 ビットマイクロコンピュータ (NEC 9801 および 9801 E) が 40 台ほど設置してあり、CAI にも、これらを活用することにした。ただし、モニターは低解像度のグリーンモニターから、ひらがな、および漢字が表示できる高解像度カラーディスプレイに変更し、マイクロコンピュータの本体にも漢字ROMを装着した。それは、問題をカタカナだけで表示するよりは、ひらがな、および漢字まじりの文で表示した方が学生にとって、はるかに読み易くなるからである。フロッピーディスクとしては最近では、記憶容量が 1 メガバイトの 2HD が主流となっているが、本学では既に、5 インチ 2D 用の二連のディスクドライブが本体に接続してあったので、それをそのまま使用することにした。CAI のための装置の構成を写真 1 に示す。

個人用ディスクとして 5 インチ 2D のフロッピーディスクを学生に 1 枚ずつ配付する。個人用ディスクには、オートスタート用プログラムと問

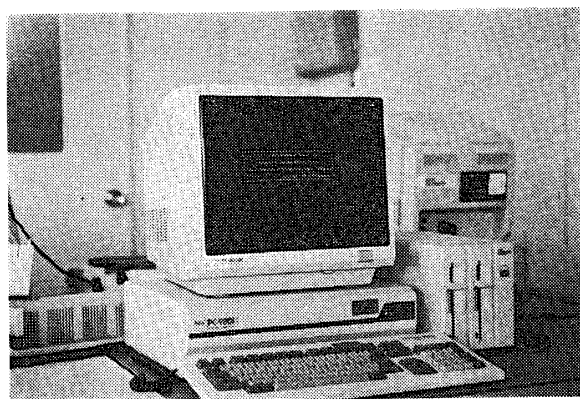


写真 1 CAI のための装置 (ハードウェア)

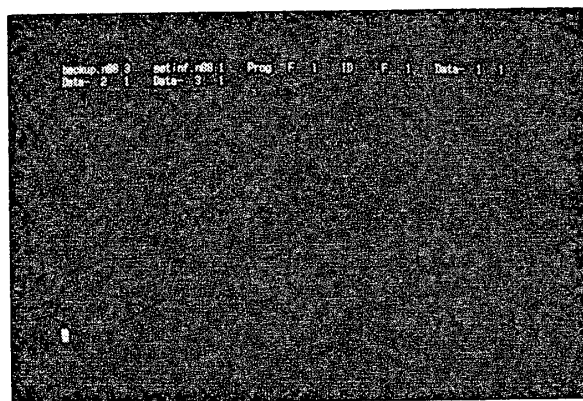


写真 2 個人用ディスクの内容

backup. n88: バックアッププログラム  
setinf. n88: オートスタートプログラム  
Prog F: コースウェアファイル  
ID F: 個人ファイル  
Data- : データファイル

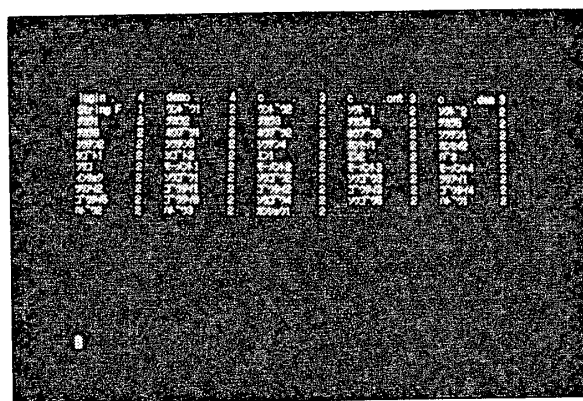


写真 3 学習用ディスクの内容

login: スタートプログラム  
demo: デモ用プログラム  
c, c.ent, c.dem: CAI プログラム  
String F: 文字列ファイル

題の実行順序を登録したコースウェアファイルが記録されている。個人用ディスクにはまた、学

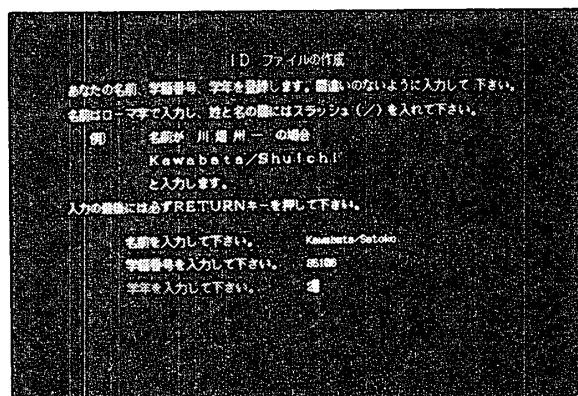


写真 4 ID ファイルへの登録

コンピュータの指示に従って名前、学籍番号、学年を入力する。

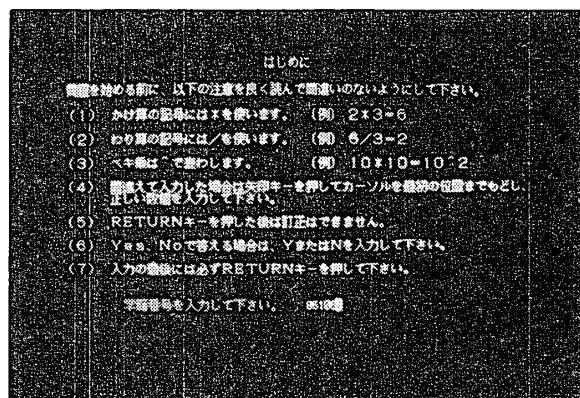


写真 5 学籍番号の入力

習の履歴がデータファイルとして記録される。学生は、このディスクに自分の氏名、学籍番号、学年を登録し保管する。この氏名、学籍番号、学年を記録したファイルを ID ファイルと呼ぶ。この ID ファイルは個人用ディスクが当人のものであるかどうかを確認するためのファイルであるが、後で述べるように、このファイルには履修進度も記録される(写真 2)。

CAI の演習問題およびその実行プログラムである CAI プログラム(ファイル名 c.cnt)を記録したディスクを学習用ディスクと呼ぶ。CAI プログラムは、コースウェアファイルに登録された順序に従って演習問題を実行し、その学習の履歴をデータファイルに記録するためのプログラムであるが、後に述べる演習問題プログラムと一体となって初めて機能するようになっている。CAI プログラムのリストを付録 1 に示す。学習用ディスクには他に、ID ファイルの確認と、CAI プログラ

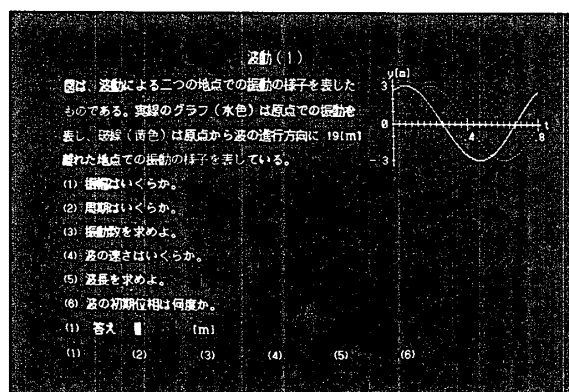


写真 6 問題の表示例

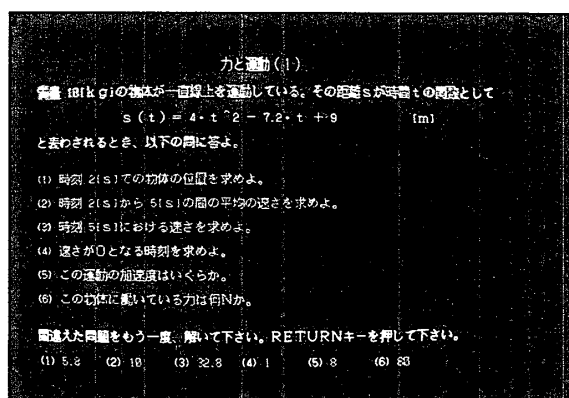


写真 7 コンピュータによる解答の判定

正解した問題は緑で表示され、間違えた問題は赤で表示される。

ムの起動のためのプログラム(ファイル名 login)も記録してある(写真 3)。個人用ディスクは一度登録するとその学生しか使用出来ないが、学習用ディスクは誰でも使用することが可能である。

学生は個人用ディスクを受取ったら、まず最初に、自分の氏名、学籍番号、学年を登録する必要がある。個人用ディスクをディスクドライブ 1 に、学習用ディスクをディスクドライブ 2 にセットし、コンピュータのスイッチを入れると氏名を登録するためのプログラムが自動的に起動する。後は、コンピュータの指示に従って入力を行えば良い(写真 4)。次回からは、コンピュータは学籍番号の入力だけを要求してくる(写真 5)。学籍番号を入力すると、個人用ディスクの ID ファイルとのチェックがなされ、一致すればコースウェアファイルに登録された演習問題がモニターに表示される(写真 6)。問題の中の変数の値は、乱数で決めるようにしてあり、たとえ隣同志で同じ問

題を解いていたとしても、その答えは異なるようになっている。これは、学生が安易に、隣の人の解答を真似るのを防止するためである。

学生は各設問に対する解答の数値（あるいは番号）をテンキーより入力する。問題の回答が完了したらコンピュータにより各設問での解答の正否が判定され正解した設問は緑の文字で、不正解の設問は赤の文字で再表示される。そして再び、不正解の設問だけをくり返し回答するようになっている（写真7）。各設問は最高5回まで回答することが出来る。

すべての設問に正解すると、各設問を何回で正解したか、そして、問題を解くのに何分かかったか、などの学習の履歴が、日付とともにディスクドライブ1の個人用ディスクにデータファイルとして記録される。一方、5度間違えると、CAIプログラムは正解を表示して、一時停止するが、継続して実行させると、今度は数値を変えた問題がモニターに表示される。学生はそこでまた、新たに計算をやり直して回答する必要がある。CAIプログラムは、全問を5回以内で正解できるようになるまで、数値を変えた問題をくり返すだけではなく、強制的に次の問題に移ることも可能になっている。この場合、学習の履歴のデータファイルには未解答の設問の欄に0が記録される。

問題が終わると、コンピュータからは問題演習を終了するか継続するかを聞いてくる。演習を継続すると個人用ディスクのコースウェアファイルに登録された順序に従って、次の演習問題がモニターに表示される。問題演習を終了する場合には、個人用ディスクと学習用ディスクをディスクドライブより取り出し、マイクロコンピュータのスイッチを切る。コースウェアファイルの中のどの問題までを終了したかはIDファイルに記録されており、次回には続きの問題から始まるようになっている。コースウェアファイルの内容を写真8に示すが、この内容は教師が自由に書き変えることが出来る。

学生の学習の履歴はすべて個人用ディスクのデータファイルに記録されているので、これを出すことにより、学生個人の学習状況を知ることが

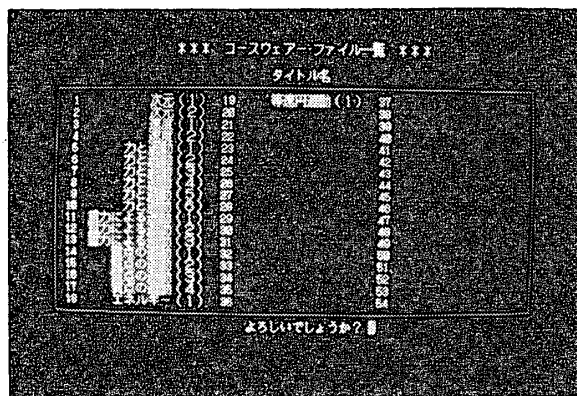


写真 8 コースウェアファイルの内容

表示する順序に従って問題のタイトルが書き込まれている。

出来るようになっている。また、学生のデータファイルを集計することにより、クラス全体の成績および学習状況の把握が出来るようになっている。これらのプログラムは教師用ディスクと呼ぶ別のディスクに記録されている。

### 3. ユーティリティープログラム

教師用ディスクには、個々の学生およびクラス全体の成績管理のプログラムの他に、CAIで必要となる種々のプログラムが記録してある。そして、これらのユーティリティープログラムはメニュープログラムで選び出すことが出来るようになっている。

教師用ディスクを起動させると、自動的にメニュープログラムが動作し、モニターに作業メニューが表示される。そこで、必要な番号を選択すると目的のプログラムが起動する。

作成したユーティリティープログラムの内容は次の通りである。

- (1) コースウェアファイルを作成するプログラム
- (2) IDファイルの内容を調べたり、修正するためのプログラム
- (3) コースウェアファイルの登録内容を調べるためのプログラム
- (4) CAIが終了した後、再度、個人用ディスクを他の学生に使用させるための初期化プログラム

- (5) 作成した演習問題プログラムの動作を確認するための模擬 CAI プログラム. このプログラムでは解答を入力しての動作確認を容易にするため, 演習問題の解答があらかじめ, 表示されるようにしてある.

#### 4. 問題作成

演習のための CAI では, 問題をいかにコンピュータに入力するかが最も重要な課題である. 教材作成用のソフトウェアも何種類か市販されているが, これらのソフトウェアで作成した問題では, 変数の値を乱数によって変えるようなことはできず, 多数の学生が同時に演習を行なう場合, 問題が画一化してしまう. また, 解答の正否を判断させるにしてもコンピュータが答えを計算して判断するのではなく, あらかじめ正解を入力しておく必要がある. その他にも, 図形入力機能に比べて文章の入力および編集の機能が貧弱であるなど, 不備な点が多々見られる. さらに, これら市販の教材作成用のソフトウェアで開発した問題は, それを実行させるため特有なシステムプログラムを必要とする. そこで, 我々は, 既製のソフトウェアに比べると入力に多少の不便はあるが, 他の CAI 関連ソフトウェアの開発が容易な Basic で, 問題作成を行なうことにし, モニターに問題を表示したり, 解答の判断をするプログラムを作成した.

演習問題プログラムは, 大まかに分けて, 問題入力部分, 問題表示部分, 解答入力および, 解答判断部分とから成っている. 演習問題プログラムの開発に当たっては, Basic 言語を全く知らない人でも多少の訓練で問題の入力が可能となるように配慮し, プログラム中の文字変数の内容を変えるだけで, いろいろな演習問題の作成ができるようにした. 演習問題プログラムのリストを付録 2 に示す.

問題および設問の文章は文字変数として入力するようにし, 変数となる数値は乱数で選ぶようにした. さらに, その乱数系列を学生固有のものとするため, randomize の値に学生の学籍番号とプ

ログラムを起動した時刻の time \$ の値を利用した.

モニターには, ひらがなや漢字などの全角の文字が 1 行 40 文字で 25 行まで表示できるが, 見やすくするために 1 行おきに表示することにし, 23 行から 25 行までは解答の入力やコメント文の表示のための行とした. 文字変数には配列をきり, For~next 文で簡単に表示ができるようにした. また, 文字変数は 40 字までの文字列とし, 数値を含む場合にはその数値変数を文字変数に変換して挿入する. 1 行あける部分はヌルストリングにした.

問題を入力する場合は, 見本とする演習問題プログラムを Load し, そのプログラム List 中のコメント文に従って入力する. その手順は概ね, 以下の通りである.

- (1) プログラムの最初の行の DATA 文に問題のタイトルを入力する.
- (2) 数値変数は変域を指定し, その値を乱数で決めるようにする.
- (3) 指定された文字変数に問題および設問の文章を入力する.
- (4) 問題および設問の文章を入力したら, その行数と設問の数を指定された変数に入力する.
- (5) 各設問の開始行と解答の単位を指定された変数に入力する.
- (6) 解答は指定されたプログラム行に計算式の形で入力する.
- (7) また, 図を描くプログラムはサブルーチンプログラムにし, 演習問題プログラムの後ろにくっつける.
- (8) 必要な, 全ての入力が完了したら, プログラムを, 適当なファイル名を付けて, 学習用ディスクにアスキー形式で Save する.

演習問題プログラムは単独では起動せず, その実行プログラムである CAI プログラムの中にとり込まれてはじめて動作するようになっている.

## 5. CAI による問題演習の実際

物理学 I の範囲である力学および光学の演習問題を 40 問ほど作成し、1 年生および高学年の再履修者を対象に、CAI による問題演習を試行的に実施した。問題にはそれぞれ 2~6 の設問があり、すべての問題を回答するには、その難易度から推察して、平均的な学生でおよそ 10 時間程かかる見込みである。実際は、時間の関係で学生が進めたのは力学の途中までであった。

問題演習を始める前に、モニターには入力についての注意が表示されるようになってはいるが、学生のほとんどが、マイクロコンピュータには不慣れなため、最初はキーの位置が分からず入力に戸惑っていた。また、入力の最後にリターンキーを押すことを忘れる学生も多く、その都度、注意する必要があった。そこで、学生には『物理学 I CAI の手引』(付録 3) と題するプリントを配付し、それを読めば初心者でも必要な操作が出来るようにした。

学生には演習ノートを用意させ、問題の解法手順を詳しくそのノートに書くように指導した。それは、コンピュータには結果の数値のみを入力するので、学生が正答できなかったとき、何処で間違えたかを後で知るためである。計算には電卓の使用を認めた。また、正答を入力した筈なのに答えが違っていと、言ってくる学生も何人かいたが、これは大部分が当人達の入力ミスであった。解答の行に入力した数値はリターンキーを押すと消えてしまうので、先のようなトラブルを避けるため、テンキーにより入力した数値がモニターの下の方に最後まで表示されるようにした。

問題の解答を入力し終わったら、コンピュータが解答の正否を判定する。そして、間違った設問は再度、回答するようになっているが、この時、問題の中の数値は元のままである。最初は、解答を間違える度に問題の数値が変わるようにプログラムしてあったが、それでは以前に正解した結果を利用できず、学生には甚だ不評であった。そこで、回答を間違えても 5 回までは、問題の中の数値は変わらないようにプログラムを変更した。

\*\*\* 個人成績集計プログラム \*\*\*

Niyegitani, Hsaru 73118 1 (1) 87/09/29 現在

No	タイトル	月日	時間(分)	1	2	3	4	5	6
1	力学(1)	87/24	5	2	3	4	5	6	
2	力学(2)	87/24	5	1	2	3	4	5	
3	力学(3)	87/24	23	2	5	-	-	-	-
4	力学(4)	87/24	12	1	1	3	3	4	4
5	力学(5)	87/24	35	3	3	3	2	-	-
6	力学(6)	87/24	11	1	2	5	2	-	-
7	力学(7)	87/24	23	1	1	2	2	-	-
8	力学(8)	87/24	1	1	1	1	2	1	1
9	力学(9)	87/24	2	1	1	1	2	2	-
10	力学(10)	87/24	11	1	1	2	2	-	-
11	力学(11)	87/24	11	1	1	2	2	-	-
12	力学(12)	87/24	3	2	1	2	1	-	-
13	力学(13)	87/24	4	1	1	2	1	-	-
14	力学(14)	87/28	10	1	1	1	1	-	-
15	力学(15)	87/28	2	1	1	1	1	-	-
16	力学(16)	87/28	1	1	1	1	1	-	-
17	力学(17)	87/28	9	1	1	1	1	-	-

入力を続けますか? (Y/N)

写真 9 学習履歴の表示例

上の行に学生の氏名および学籍番号が表示され、以下の行に解答した問題のタイトルと所要時間および各問を何回で正答したかが表示される。5 回以内で解答出来なかった場合は 0 が表示される。青の表示は全問正答した場合で、赤はそうでない場合を示す。

\*\*\* クラス成績集計プログラム \*\*\*

No	タイトル	人数	時間(分)	1	2	3	4	5	6
1	力学(1)	12	5	1	2	3	4	5	6
2	力学(2)	12	5	1	2	3	4	5	6
3	力学(3)	27	23	2	5	-	-	-	-
4	力学(4)	26	12	1	1	3	3	4	4
5	力学(5)	24	35	3	3	3	2	-	-
6	力学(6)	19	11	1	2	5	2	-	-
7	力学(7)	17	23	1	1	2	2	-	-
8	力学(8)	16	1	1	1	1	2	1	1
9	力学(9)	16	2	1	1	1	2	2	-
10	力学(10)	16	11	1	1	2	2	-	-
11	力学(11)	16	11	1	1	2	2	-	-
12	力学(12)	16	3	2	1	2	1	-	-
13	力学(13)	15	4	1	1	2	1	-	-
14	力学(14)	15	10	1	1	1	1	-	-
15	力学(15)	13	2	1	1	1	1	-	-
16	力学(16)	13	1	1	1	1	1	-	-
17	力学(17)	13	9	1	1	1	1	-	-

写真 10 データファイルの集計例

問題のタイトルとその問題を解答した延べ学生数および平均所要時間が表示される。括弧内はその問題に到達した学生数を示す。そして、それぞれの問題について各問を平均何回で正答したかが表示される。

学生が問題演習を終了したら、学生の個人用ディスクを集め、教師用ディスクにある個人成績集計プログラムによりデータファイルをコンピュータに読み込む。全ての学生のデータファイルを読み込んだら、クラス全体のデータファイルとして新たに教師用ディスクに保存する。個々の学生の学習の履歴は、データファイルを読む際に、モニターに表示されるようになっている。そのとき、モニターには、全問正解した問題は、そのタイトルおよび回答の時間と回数が緑の文字で表示され、正解できなかった問題にはピンクの文字で表示さ

れる(写真 9)。従って、各問題を全問正解できたかどうかが一見して分かるようになっている。また、個人成績集計プログラムでは、クラス全体のデータファイルへの追加入力ができるので、個人用ディスクのデータファイルの読み込み作業は随時中断することが出来る。

クラス成績管理プログラムにより、先に読んだクラスの全データの統計処理を行なう。その結果はモニターに表示されるが、そのハードコピーを取ることも出来る。クラス全体の学習の履歴では、回答した問題のタイトルと到達人数、および平均回答時間と平均回答回数が表示される(写真 10)。平均回答回数が多い設問は学生達にとって、間違い易い問題か、あるいは難しい問題であったと判断出来る。また、問題の進捗状況が分かるように各問題の総回答者数も表示される。

## 6. 結果、および今後の課題

コンピュータの使用条件や学生のカリキュラムなどの制約により 60 年度には期末試験後の再試の勉強に、61 年度は物理学演習の一部に、そして 62 年度は 特別に希望した 約 30 名の学生を対象に、正規の演習時間外に CAI による学習をさせた。

コンピュータを操作するのが初めてと言う学生が大部分で、目新しさもあったためか、コンピュータによる問題演習は、学生にはまずまずの評判であった。しかし、プログラムのわずかなミスにより、問題が間違ったり、解答の数値が違ったりすると、我々が想像する以上に学生は CAI に対して不信感を抱くようであった。CAI ではちょっとしたミスでも、演習プリントにおけるミスプリントとは比較にならないほど学生にとっては深刻な問題であると痛感した。また、回答は数値で入力するので、その答えが割切れない場合、学生は入力に戸惑ったようである。この場合、学生には小数点第三位まで答えるように指示し、正解は  $\pm 0.01$  の範囲で判定した。しかし、これは、与えられた数値の有効桁数から判断して回答するように指導した方が適切であった。そのためには、演習問題プログラムの解答部分を少し変更する必

Table 1 アンケートの調査結果

質 問	回答数
(1) コンピュータを操作したことがありますか。	
a. 初めて	16
b. 操作したことがある。	14
(2) 操作のしかたはすぐにわかりましたか。	
a. わかった	21
b. わからなかった	9
(3) コンピュータによる演習についての印象はどうですか。	
a. たいへん興味深かった	15
b. ふつう	14
c. つまらなかった	0
(4) 問題の難易度はどうでしたか。	
a. 全体的に易しかった。	1
b. 平均的な問題だと思った	15
c. 全体的に難しかった。	14
(5) 問題はおもにどうやって解きましたか。	
a. 自力で解いた	15
b. 参考書やノートを見て解いた	11
c. 友人に聞いて解いた。	10
(7) 物理を理解する上でこの演習が役立つと思いますか。	
a. たいへん役立った	16
b. ある程度役立った	13
c. 関係がなかった	1
(8) テキストによる演習とくらべてどうでしたか	
a. コンピュータの方がよい	21
b. テキストの方がよい	1
c. どちらも同じ	7
(9) 将来コンピュータによる演習を行なうことについてどう思いますか。	
a. した方がよい	25
b. やらなくてよい	0
c. どちらともいえない	5

要がある。

難しくて解けない問題に直面した時には、学生には、その解き方を友達に聞くか、あるいは教科書を見て勉強するように指導しているが、それだけでは不十分であった。学生が問題を自力で解けるようになるためには、よりきめ細かく指導する必要を感じた。例えば、この問題が解けない場合はどの本の何ページを、さらに初歩的な事柄事についてはどこそこを見よと言った具合に、具体的にかつ系統的に指示する必要があるように思われた。しかし、そのためには学生の到達目標をはっきりと設定し、それに基づいて、より系統だった問題作成をする必要がある。また、演習問題の内容と、その基本となる考え方をまとめたテキスト

を作成し、問題を解けなかった学生がテキストを見て自主的に勉強できるようにすることも必要であろうと思われる。

CAIによる問題演習が十分な効果を上げるかどうかは、CAIシステムの善し悪しよりも演習問題それ自身の善し悪しで決まってくる。従って、今後、CAIによる問題演習をさらに発展させていくためには、コンピュータに入力する演習問題の内容の吟味と、学生の自学自習のためのテキストを充実させることが必要である。また、コンピュータによる物理実験などのシミュレーションをCAIプログラムの間に挿入し、学生の問題演習の手助けになるようにすれば、たんにテキストだけの問題演習よりもはるかに効果が期待出来るものと思われる。

最後に、学生達がコンピュータによる演習をどのように感じたか、アンケート調査を行なった結果を Table 1 に示す。このアンケート調査結果から、学生がコンピュータによる演習に興味を抱き、かつ肯定的であることが分かった。

## 7. 謝 辞

この CAI システムを開発した装置一式は、教養予算の中から CAI 試行用として配分された費用により購入したものである。予算配分にあたり、物理教室の意図を快く了解して下さった諸先生方に感謝致します。また、CAI を実施するための一部ハードウェアの整備は、私学振興財団の助成金により行なった。これは、本学の、特色ある教育のための研究に助成されたものであり、代表者としてご尽力された工業化学科の服部先生に感謝致します。

## 参 考 文 献

- CAI ソフトウェアの現状と展望 ジョン・セルフ著、坂元昂監訳、アスキー出版局。
- 人工知能による学習革命 T・オシエイ、J・セルフ著、坂元昂監訳、HBJ 出版局。
- 教育情報工学のすすめ 佐藤隆博著、日本電気文化センター。
- PC-9801 BASIC リファレンス・マニュアル。

## 付録 I CAI プログラムリスト

```

1  CLEAR
2  DEF SEG=&H60
3  POKE &H6D7,1
4  STOP ON
5  ON STOP GOSUB *DUMMY
10 *****
11 '*          C.A.I. Program of Physics          *
12 '*
13 '*          Promoted by the Laboratory of Physics      *
14 '*
15 '* Tokyo Institute of Polytechnics, Atsugi, Kanagawa *
16 '*
17 '*          Copy right 1985 by S. Kawabata *
18 *****
20 DIM X$(20),PROG$(54),MAIN$(54),TITLE$(54)
30 WIDTH 80,25 : CLS 3
32 BLK$=STRING$(80," ")
34 '
40 'Read String.F
42 '          GOSUB 510
50 '
52 'Read Prog.F
54 '          GOSUB 560
60 '
62 'Read ID.F
64 '          GOSUB 600
66 '
69 POKE &H6D7,0
70 CHAIN MERGE"2:"+PROG$(PROG),74,ALL
72 '
74 POKE &H6D7,1
75 STOP ON
76 ON STOP GOSUB *DUMMY
77 '
78 READ QT$ : 'タイトル
80 IF TITLE$(PROG) = QT$ GOTO 90
82 COLOR 2 : GOTO 90 : 'DEL
84 LOCATE 15,15 : PRINT Q1$
86 GOTO 480 : 'END
88 '
90 SD$=DATE$
100 CONSOLE 22,2,0,1
102 ST$=TIME$ : K=1
110 LOCATE 30,0:PRINT QT$
112 '
120 'Change the variables
122 '
140 ' Problem
142 '
160 ' Questions
162 '          GOSUB 1000
164 '
168 AW$=""
170 FOR I=1 TO QN
172 ANS$(I)=" " : L(I)=0
174 AW$=AW$+" (" +RIGHT$(STR$(I),1)+") "+STRING$(8," ")
176 NEXT I
178 LOCATE 0,24:PRINT AW$
180 'Q & A
182 '          GOSUB 2500
200 'Answer
202 '          GOSUB 3000
220 IF ER$<>"Y" GOTO 370
230 IF K>=5 GOTO 280
240 K=K+1
250 CMT=1: GOSUB 660
252 '

```

```

260 GOTO 180
270 '
280     ET$=TIME$
290 'Write Data.F
292     GOSUB 800
310 '
312     LOCATE 10,22:PRINT Q2$
314     LOCATE 62,22:LINE INPUT S$
316     LOCATE 0,22:PRINT BLK$
318     IF S$="?" THEN WIDTH 80,25: GOTO 100
320     GOTO 410 : 'NEXT
328 '
330 '
370     ET$=TIME$
400 'Write Data.F
402     GOSUB 800
404 '
410     PROG= PROG+1
420 'Write ID.F
422     GOSUB 700
424 '
430     ER$="BLK"
432     QN=1
434     L(1)=0
436     QT$=TITLE$(PROG)
438     ST$=TIME$
440     ET$="00:00:00"
450 'Write Data.F
452     GOSUB 800
454 '
460     CMT=4: GOSUB 660
464 '
470     IF S$="Y" OR S$="y" THEN RUN "2:"+MAIN$(PROG)+".cnt"
472     WIDTH 80,25 : CLS 3
474     LOCATE 20,12:PRINT Q3$
475     LOCATE 2,19:PRINT Q4$
476     LOCATE 2,20:PRINT Q5$
478 '
480     LOCATE 0,0
490 GOTO 480 : 'END
500 '
502 '
505 '     ***** SUBROUTINE PROGRAMS *****
507 '           *DUMMY:RETURN
508 '
510 '* Read String.F
515 '
520     OPEN "2:String.F" AS #1
525     INPUT #1,Q1$,Q2$,Q3$,Q4$,Q5$
530     FOR I=1 TO 4
535         INPUT #1,W$(I),LX(I)
540     NEXT I
545     CLOSE #1
550 '
552 RETURN
560 '
562 '* Read Prog.F
564 '
570     OPEN "1:Prog.F" AS #1
572     INPUT #1,N
575     FOR I=1 TO N
580         INPUT #1,PROG$(I),MAIN$(I),TITLE$(I)
585     NEXT I
590     CLOSE #1
592 '
594 RETURN
600 '

```

```

602 ,
605 '* Read ID.F *
608 ,
610     OPEN "1:ID.F" AS #1
620     INPUT #1,NA$,N$,G$
630     INPUT #1,PROG
640     CLOSE #1
642 ,
646 RETURN
650 ,
652 ,
660 '* Print Comments
662 ,
670     LOCATE 0,22:PRINT W$(CMT)
680     LOCATE LX(CMT),22:LINE INPUT S$
690     LOCATE 0,22:PRINT BLK$
692 ,
694 RETURN
700 ,
702 ,
705 '* Write ID.F *
708 ,
710     OPEN "1:ID.F" AS #1
720     PRINT #1,NA$
730     PRINT #1,N$
740     PRINT #1,G$
750     PRINT #1,PROG
770     CLOSE #1
780 ,
790 RETURN
800 ,
802 ,
805 '* Write Data.F *
808 ,
810     OPEN "1:Data-"+RIGHT$( " "+STR$(PROG),2) AS #1
820     PRINT #1,ER$
830     PRINT #1,QN
840     FOR I=1 TO QN
850     PRINT #1,L(I)
860     NEXT I
870     PRINT #1,QT$
880     PRINT #1,SD$
890     PRINT #1,ST$
900     PRINT #1,ET$
910     CLOSE #1
915 ,
920 RETURN
2500 ,
2502 ,
2505 '* Q & A *
2508 ,
2510     FOR I=1 TO QN
2515     IF ANS$(I)="Y" GOTO 2630
2520     COLOR 5
2525     FOR J=QX(I) TO QX(I+1)-1
2530     LOCATE 0,LQ+J:PRINT X$(J)
2535     NEXT J
2540 ,
2550     COLOR 5
2560     LOCATE 10,22:PRINT STRING$(70," ")
2570     LOCATE 0,22:PRINT " (" +RIGHT$(STR$(I),1)+")  答え";SPC(12);U$(I)
2575     L(I)=L(I)+1
2580     COLOR 7
2590     LOCATE 12,22:LINE INPUT A$(I)
2592     IF A$(I)=" " GOTO 2590
2594     B$(I)=LEFT$(A$(I)+",6)
2596     LOCATE 11*(I-1)+4,24:PRINT B$(I)

```

```

2600 '
2610   FOR J=QX(I) TO QX(I+1)-1
2615       LOCATE 0,LQ+J:PRINT X$(J)
2620   NEXT J
2630   NEXT I
2640       LOCATE 0,22:PRINT STRING$(70," ")
2650   RETURN
3000 '
3005 '* Answer *
3100 '
3110       ER$="N"
3120   FOR I=1 TO QN
3130       IF ABS(VAL(A$(I)) - ANS(I)) > ER(I)   GOTO 3200
3140       COLOR 4
3150       FOR J=QX(I) TO QX(I+1)-1
3160           LOCATE 0,LQ+J:PRINT X$(J)
3170       NEXT J
3172       LOCATE 11*(I-1)+4,24:PRINT B$(I)
3180       ANS$(I)="Y"
3190       GOTO 3300
3200 '
3210       COLOR 2
3220   FOR J=QX(I) TO QX(I+1)-1
3230       LOCATE 0,LQ+J:PRINT X$(J)
3240   NEXT J
3242       LOCATE 11*(I-1)+4,24:PRINT B$(I)
3244       IF L(I)<5   GOTO 3260
3246       CONSOLE 22,1,0,1:COLOR 4
3248       LOCATE 11*(I-1)+3,23:PRINT LEFT$(STR$(ANS(I))+",10)
3250       COLOR 2
3252 '
3260       ER$="Y"
3270       ANS$(I)="N"
3280       IF L(I)=5 THEN L(I)=0
3300   NEXT I
3350       CONSOLE 22,2,0,1
3400       COLOR 7
3490   RETURN

```

## 付録 2 演習問題プログラムリスト

```

1000 DATA "力と運動 (2)"
1001 '
1002 '* Change the variables *
1004 '
1006 G=9.8 : PI=4*ATN(1) : O=2 : '正解の小数点以下の桁数
1008 '
1010 X=VAL(RIGHT$(N$,3))+VAL(RIGHT$(TIME$,2))
1012 X=X+INT(RND(O)*100)
1014 RANDOMIZE(X)
1016 '
1018 '変数
1020 T=INT(RND(1)*20+5)/5
1022 T$=STR$(T)
1030 A=INT(RND(1)*7+3)
1032 A$=STR$(A)
1040 B=A*T/2
1042 B$=STR$(B)
1050 C=INT(RND(1)*10+5)
1052 C$=STR$(C)
1060 T1=INT(RND(1)*3)+1
1062 T1$=STR$(T1)
1070 T2=INT(RND(1)*5+2)+T1
1072 T2$=STR$(T2)
1080 M=INT(RND(1)*10+5)
1082 M$=STR$(M)
1200 '問題
1210 Q$(1)="質量"+M$+" [kg]の物体が一直線上を運動している。その速度v
が時間tの関数として"
1220 Q$(2)=" "
1230 Q$(3)=" "
1240 Q$(4)=" "
1250 Q$(5)="と表わされるとき、以下の問に答よ。"
1400 '質問
1410 X$(1)=" (1) この物体に働いている力は何Nか。"
1420 X$(2)=" "
1430 X$(3)=" (2) 時刻0 [s]での位置が"+C$+" [m]のとき、時刻"
+T1$+" [s]における物体の位置を求めよ。"
1440 X$(4)=" "
1450 X$(5)=" (3) 時刻0 [s]に物体が原点にあったとすると物体が再び原点を
通過する時刻を求めよ。"
1460 X$(6)=" "
1470 X$(7)=" (4) 物体が時刻"+T1$+" [s]から"+T2$+" [s]の間に進ん
だ距離を求めよ。"
1600 '解答
1610 A(1)=M*A
1620 A(2)=A*T1^2/2-B*T1+C
1630 A(3)=2*B/A
1640 A(4)=A*(T2^2-T1^2)/2-B*(T2-T1)
1790 '
1800 NP=5 : '問題の行数
1810 NQ=7 : '質問の行数
1820 QN=4 : '質問の数
1830 '
1840 ' 問 行 単 位
1850 QX(1)=1 : U$(1)=" [N]"
1860 QX(2)=3 : U$(2)=" [m]"
1870 QX(3)=5 : U$(3)=" [s]"
1880 QX(4)=7 : U$(4)=" [m]"
1890 '
1900 ' 質問の最後の行数+1
1910 QX(5)=8
2000 'color
2010 FOR J=1 TO NP
2020 CL(J)=5
2030 NEXT J
2050 '行の色を変える。

```

```
2060 CL(3)=6
2100 '
2105 '* Answer *
2108 '
2110   FOR J=1 TO QN
2112     ANS(J)=INT(A(J)*10^O+.5)/10^O
2120     ER(J)=1/10^O
2125   NEXT J
2130 '
2132 '解答の小数点以下の桁数を変える。
2135 'ANS(N)=
2160 '
2162 '正解の範囲を変える。
2165 'ER(N)=
2190 '
2200           'Display the problem
2210           LOCATE 0,2
2220           FOR J=1 TO NP
2230             COLOR CL(J)
2240             PRINT Q$(J)
2250           NEXT J
2260           COLOR 7
2270 '
2300           'Draw the graph
2310           GOSUB 3500
2320 '
2400           'Display the questions
2410           LQ=8 : '質問の開始行
2420           FOR J=1 TO NQ
2430             LOCATE 0,LQ+J:PRINT X$(J)
2440           NEXT J
2490 RETURN
```

## 付録 3 CAI の手引き

## 物理学 I C. A. I の手引き

## 1. C.A.I プログラムの起動方法について

ディスクユニットのスイッチが on (押されたままの状態)であることを確認したら、個人用ディスクをドライブ 1 に、プログラムディスクをドライブ 2 に入れレバーを右に倒してロックします。


フロッピーディスクはラベルを左側手前にしてディスクユニットに入れます。

コンピュータのスイッチを入れると C.A.I プログラムが自動的に起動します。

## 2. キー入力について

キー入力はノーマルモードで行ないます。そこで入力する前に、キーボードの [CAPS] キーと [カ] キーがロックされていない (押されたままの状態になっていない) ことを必ず確認して下さい。もしロックされていたら、もう一度、押して下さい。

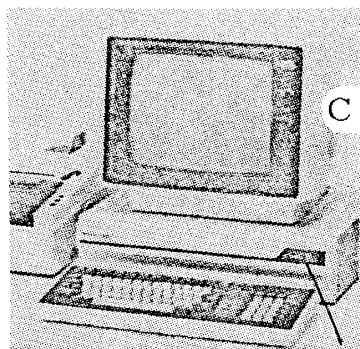
ノーマルモードとはキーボードの通常の入力で、アルファベットや数字などを入力するモードです。アルファベットはそのまま押すと小文字が入力され、[SHIFT] キーを押しながら入力すると大文字が入力されます。

入力の最後には必ず [リターン] キー (  ) を押します。

計算はノートで行ないますが、電卓を用いてもよろしいです。解答の数値 (あるいは番号) はテンキーから入力します。

## 3. プログラムの終了

フロッピーディスクをディスクユニットから取りだし、コンピュータのスイッチを切ります。



CRT (ディスプレイ)

コンピュータ

スイッチ

ドライブ 1

ドライブ 2

レバー

スイッチ

PC-80S31 ミニフロッピーディスクユニット

