

鹿児島大学工学部

正会員 吉原 進

鹿児島大学工学部

正会員 河野 健二

鹿児島大学工学部

〇 正会員 高旺 博

1 はしがき

現在の大学では、高度な内容の教育が要求されている反面、進学率の向上で学カレレベルの異なる多数の学生を受け入れざるを得ず、したがって少い教官数で、多数の学生の能力に応じて、しかも密度の濃い内容を繰り返し丁寧に教育することは不可能に近い。従来は教育方法とは異なった新しい方法を導入することも考慮せざるを得ない時期にあるといえよう。このような観点から、大さな計算機システムによるCAIが日本においてもすでに開始されているが、現実には全ての大学で大さな計算機システムを導入することは容易でなく、このためCAIが普及しにくいように思われる。一方マイクログンピューター等のいわゆるパーソナルコンピュータの開発がこの数年来急速に進められ、高性能の機種が廉価に供給されるようになり、これらを学科単位あるいは講座単位で導入することさえ可能になった。そこで、筆者らが日頃担当している構造力学の講義あるいは演習の理解を促進しかつ徹底させるべく、そのようなパーソナルコンピュータによるCAIを実施しようとしていくつかの方法を試み、一つのシステムをほぼ完成させた。以下その概要を述べる。

2 基本的な考え方

一口にCAIといっても、その目的、対象学生によって様々な方法が考えられる。また具体的方法には使用する計算機によって大きく制約されることも当然である。ここではキーボードを1台持つパーソナルコンピュータを使用することを前提として、以下の基本的事項を考慮に入れたCAIを実施しようとした。

- (1) 多くの専門科目と同様に、構造力学においても、その問題を解くには個人差、問題差もあるが一般にはかなりの時間を要するものである。この解答に要する時間を上なく用いれば、1台のキーボードであっても多数の学生を対象としたCAIが可能となる。ただ学生のキーボード専有時間を極力短くするプログラムとしなければならない。
 - (2) 問題形式、難易度等変化に富んだ多数の問題を用意して、学生の能力に応じて利用あるいは能力の段階的増強を計るとともに、学習意欲を刺激すること。また計算機には解答のチェックを期待するだけでなく、個々の問題、個々の学生の解答状況を記憶させ、教官の個別指導その他、学習管理に対する詳細なデータの集積をも期待する。
 - (3) 学生の計算機操作は可能限り簡単に、操作ミスを防ぎ、キーボードの専有時間を短くするとともに、操作ミスにもとづくトラブルに対する教官の負担を軽減する。
 - (4) 一度プログラムを作った後は、度々変更を加えなくとも、種々の用途に、あるいは異なる問題形式に使用できるとともに、問題の追加、変更、修正や学習管理のデータ集めに手の掛からないよう配慮しておくこと。
- これらの小さな計算機に実行する方法を種々検討して、とりあえずカードを備用する方法を採用した。可変な問題に関しては、その全てをカードに記入することにして、それらの問題番号と正解番号によってあらゆる処理を計算機に行わせるという方法である。これは結局、使用する計算機の記憶容量が小さいこと、キーボードが1台であることに対する妥協の結果で、今のところでは仕方ないと考えている。そのために学生は必ず問題カードを検索し付けなければならないという不便点が生ずる。しかしその反面、多くの問題について、問題文、図面等をキーボードを介して入力させる必要がなくなるので、教官の問題作成に費すことの出来る時間が多くなるという利点もある。

③ 使用計算機の概要

・機種：M100-ACE (ソード製) (CPU: Z-80, 2.1MHz, RAM: 48Kb, ミニプロセッサ: 143Kb (2台), キーボード: (1台), CRT: 白黒12" (1台), 言語: BASIC (Level-II), プリンター: エプソンMP-80)

④ 本CAIシステムの概要

1. 問題

CAIの成否は、そのプログラムもさることながら、どのような問題をものように取り扱うかにも大きく左右される。そこでまず、本システムで取り扱う問題について以下簡単に述べる。

(a) 問題数 現在のところ 10×10 の100の領域に対して、各100問を管理することが出来る。この領域というのは、いかなるものでもよいが、たとえば静定梁のたわみに関する問題、下静定トラスの部材力の問題といったもので、一部には特殊な目的で作成された問題群とすることもできるとし、また場合によっては、他の科目の問題をも含めることも可能である。当然10000個の問題を短期間に用意することはできないので、特定領域毎に重点的に問題を作成し、学生の使用に供する。問題作成する毎に、問題番号、正解番号、問題の難易度を表わす段階の指標を付与しておく。

(b) 問題形式 本CAIシステムでは次のような形式の問題を取り扱うことができる。

i) 選択形式：設問の内容は、文字・記号、数字、図形、文章等、すべて答えるものでもよいが、正解を予め9個以下の選択枝に、4個以下（正解は1つ）含めておくことが必要である。この形式の問題ではそれ以外の選択枝の作り方も重要で、学生が誤り易いと思われる方法による結果をも含めること等、十分な配慮を要すること、場合によっては予め示す選択枝そのものが正解に対するヒントを暗示すること、正解が1個だけの場合解答を行わずとも数回の試みで正解に至る可能性のあることなどの問題点がある。そこで本システムでは、試行回数に予め制限を設けたり、選択枝中に故意に正解を含めないものを作ったり、問題によっては複数個の正解を選択枝中に含めるといったような工夫を行っている。

ii) 数値形式：これは数値計算の問題あるいは解析解の係数の値を問う問題等に適用できるもので、正解に関連する一切の情報を伏せておけるという特徴がある。ただし正解は、正、負の符号の他に4桁以下の整数で表示する必要があるので、場合によっては 10^m 倍するとか、予め 0.0 、 0 あるいは $00/00$ のような方法で整数化しておくことが必要である。

iii) 文字・記号形式：正解は符号の他に4個以下の文字・記号により表示する。したがってけりたわみ曲線のような複雑な多項式の全体を問うような問題には適用できない。使用可能な文字数は、予め使用する文字・記号をコード化し、しかも多量に定義しておけばかなり多数になり、普通の文字の使い方の通り使用することができるとし、また数字をも含めることができる。ただしこの場合は、文字の入力の順番は予め定められた通りとしなければ、たとえ実際には正解のものでも誤答と判定されてしまうこともある。

iv) 語句形式：文章中の空白部に適当な語句を挿入する問題に適用するもので、4個以下の語句を計算機へ入力する。この形式においても、iii) の文字・記号形式と同様に、使用頻度、重要度の高い語句を予め別一括してコード化し、しかも多量に定義しておけば、使用語句数は相当多くなり、多数の問題を作成することが可能になるとともに、個々の問題に対するコード表は少ないので、これが正解のヒントになることも少くなる。ただしこの場合、語句数が増えるのでその音順の索引等解答時に語句の検索が簡単になるような配慮をしておかねばならない。

v) 複合形式：以上 i) ~ iv) の問題は、形式は異なっても、原則としては一問ずつ独立した内容でなければならぬ。これに対しこの形式は、ある問題に対して、順次関連する問を設けて、最終的に正解に至らしめるといったもので、個々の問の形式は、i) ~ iv) のいずれであってもよい。したがってこの形式では、たとえば教科書風の解説文中に問を設けるといったことも可能になるため学生の理解と順次確認しあうから先に進むことができ、学生の誤りや正しい個所の発見が容易になる。

以上がいわゆる問題形式において、長所・短所があるが、図を直接描く問題以外は、普通考えられるほとんどの全ての問題形式を取り扱うことができる。

2. 学習の進め方 つぎに学生が計算機を仲介してどのように学習を進めるか、それに対して教官がいかに対応するかについて簡単に述べる。

【問題登録】 まず学生がこれから解くべき問題の番号を計算機に登録する。この時問題をどのように選ぶかは、その使用目的によって異なるが次のようである。(1) 予め問題を見て好みのものを選ぶ。(2) 課題として全学生に課せられる場合あるいは特定の学生に質問等に応じて課せられる場合もあるが、教官に指定される。(3) 必要に応じ領域番号、難易度等に制約をつけて、計算機に任意に選ばせる。このうち(3)の場合は、正解と異なる残った問題に関連する問題のうち、レベルの低いもののみを選んで学生に学習させることもできる。

【解答】 問題登録を終えた学生は、一担計算機から離れて、別に用意されている問題カードを捜索してその内容を知り、解答に取り掛かる。この解答に相当の時間を要するので、他の学生も「問題登録」あるいは「解答入力」のために計算機へ入力するところまでできる。解答が終ると、文字、記号形式、語句形式の問題に対してはコード表を参照して数値化し解答番号とする。

【解答入力・同判定】 解答番号を得た学生は、計算機へ入力待ちの時に、再度キーボードに向い、登録された問題に対して順次問われるものの解答番号を入力する。計算機は入力された解答番号と予めファイルに格納されている正解番号を対比して正誤の判定を行う。所望選択枝中に正解を含まない問題について、正解を含まないと指摘した場合は、その正解を教官に問い合せる。

【誤答処理】 正解でない場合、その処置は使用目的により量なり、(1) 学生に何の対応もせず、規定の試行回数まで継続させて最後に正解を教える場合と、(2) 一度誤った段階で、正解も教えずに登録を抹消する場合とがある。

【情報収集・処理】 解答番号が入力される毎に個々の学生に対しては、各問題に対して正解に至るまでの全経過、たとえば問題総数、総試行回数、難易度を考慮した評価得点、規定回数までに正解とならなかった問題(不得意問題)の番号とその総数等を、一方全ての問題に対しては、選択された総回数、総試行回数等とそれぞれ別のファイルに記録する。これらの記録に対して適当な期間毎に、各学生の評価得点の平均、不得意問題のリストアップを行いレポートカードとし、また問題毎の正解率の計算、正解率の悪い問題のリストアップを行う。

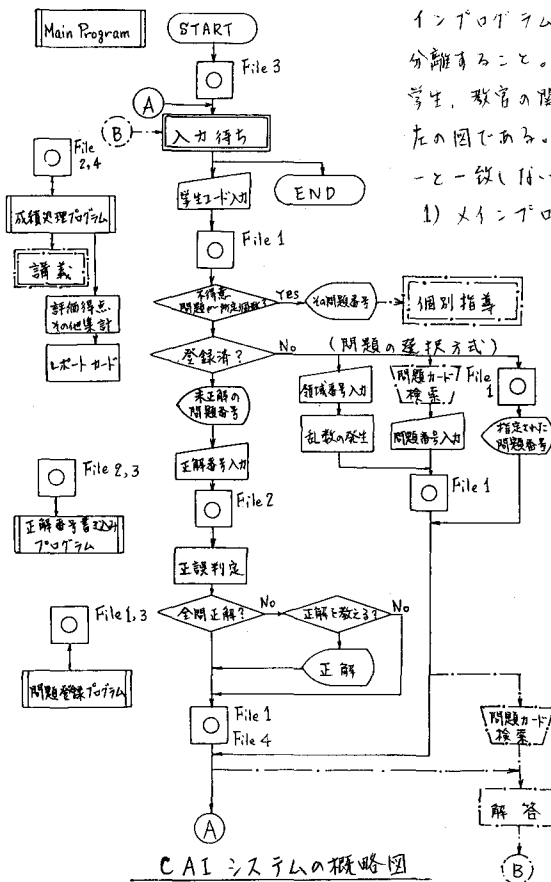
【学生、教官の対応】 学生はレポートカードにより、それまでの評価得点ばかりでなく、不得意問題をも改めて示され、これらに重点的に取り組む。場合によっては低レベルの同系統の問題から再度学習することもできるし、教官から詳細な指導を受けすることもできる。一方教官はそのような学生毎の情報から、個人毎にきめ細かに指導するとともに、正解率の悪い問題の傾向を知って、これを講義に反映させる。

以上述べたようにこのCAEシステムでは、計算機は学生から入力された解答に対して、正誤の判定とその解答経過を記録するのみで、直接学生に対して解答上の指示や、ヒント等の提示は行わない。この意味で、このシステムは、いわゆる対話型のCAEということではない。しかしこの点に先に述べたように、教官による個別指導等によって、細やかな、かつ能率的な指導が期待できることで、本システムの効能を評価することができる。

5 試作プログラムの概要

以上でプログラミング上考慮すべき点もおおよそ述べられているが、改めてそれらを簡単に取りまとめると次のようである。

- (1) 1台のキーボードで多数の学生に対応できるように、いわゆる迅速な計算機への割り込みが可能であること、
- (2) 操作はなるべく簡単に、基本的には数字のキーのみで可能にするようにすること、
- (3) 種々の使用目的に対応する初期値のセットを簡単にすること、
- (4) 問題の管理、情報の処理等は独立した別の支援プログラムで行い、大



インプログラムの簡略化とプリントアウトその他時間を要する動作を分離すること。このようにして試作したプログラムの主たる流れを、学生、教官の間々の仕事を含めて、フローチャート風にまとめたのがこの図である。この図は概略を示したものであり、表現に実際のフローと一致しない部分もある。

- 1) メインプログラム：サイズ約 15.8 Kb (ステートメント数=約 600 行)、内容は図に示されているので説明は省略する。
- 2) 正解番号書き込みプログラム：このプログラムは、作成された多数の問題を指定された通りに分類した後、それぞれの難易度指標、正解番号を入力することによって、系統的に問題番号を手元、かつそれら一切をファイルするものである。また難易度別の問題作成状況も表示できるので、いかなる問題を作成すべきかについて目安が得られる。
- 3) 成績処理プログラム：これはファイルに格納された各学習者の解答経過の記録から、学生個人や教官にレポートするために、評価得点の平均や正解率問題のリストアップ等の処理、プリントをするものである。またこのプログラムによって全問題の正解率の計算と正解率の特に悪いもののリストアップも行う。
- 4) 問題登録プログラム：これは問題の選択に当り、特殊目的のために全学習者に与える問題を予め指定、登録しておくものである。

次に本システムを運用する上で用意されたファイルの内容を述べる。

- (1) ファイル 1：サイズ=約 6.3 Kb：全学習者の登録問題とそれに対する解答状況、評価得点
- (2) ファイル 2：サイズ=約 40 Kb：全問題の正解および難易度指標と、各問題の正解率
- (3) ファイル 3：サイズ=約 0.5 Kb：現在作成されている問題の管理情報および使用目的に応ずる初期値
- (4) ファイル 4：サイズ=約 1.3 Kb：全学習者の一定期間の問題総数、試行総数、評価得点

以上の各プログラムおよびデータファイルのディスクエリアは約 70 Kb で、この他に OS 等に約 50 Kb を要するので、現在のところ 1 枚のミニフロッピーディスクで間にあっている。

また本 CAI システムが、学生から積極的に利用されるためには、問題の質、量の他に、計算機に問題登録および解答入力するまでの待ち時間が短いことが重要であることを度々指摘した。そこでこの試作プログラムによって実際にそれらに要する時間を測定した。まず最大の関心時である問題登録に関しては、7 問の問題を登録しそれらの問題番号を筆記するまでに 40 ~ 60 秒程度を要する。また解答入力から判定までに、7 問について約 60 秒を要する。したがって当初問題登録を 50 名の学生が同時に行なおうとすれば、待ち時間が相当長くなるが、そのようなことは常時起るものではないので、実用上はそれほど大きな障害にはならないものと思われる。とはいえ筆者らは専門のプログラマーではないので、試作プログラムが十分洗練されているとはいえず、改良すべき点は多々ある。本システム自体についても機能的に改良すべき点はなお何点もある。

6. むすび

以上カードを併用したパソコンによる CAI の概要を述べた。具体的問題例、コード表、使用学生の感想等紙数の都合で一切省略した。講演時に使用実績を含めてそれらも発表の予定がある。