

建築教育におけるパーソナル・コンピューター  
利用の可能性について (6)  
(CAIプログラム使用結果の分析について)

横井 友幸\*

A Note on CAI in the Architectural Education (6)  
(Analysis of the Results of using CAI programs)

Tomoyuki YOKOI

ABSTRACT

This note analyze the results of using CAI programs in the seminar of Structural mechanics with standard input procedures which were discussed on the previous paper. And we discuss a style of CAI system which is suitably used in the seminar and its standard conditions.

キーワード：建築教育，パソコン，CAI，  
標準入力形式，成功確率，パソコン演習，  
たわみ角法，固定モーメント法

序

パソコンの普及と共にCAIも徐々に我々の身近な所へ浸透して来ている。例えば、CAIソフトと銘うった教育用システムばかりでなく、パソコンのキーボードタイプ練習用ソフトとかMS-DOS基本操作学習ソフト等CAIを意識することなく使われている。

筆者等の開発してきたCAIプログラムも前稿(5)(参考文献1)の標準入力形式を考慮してCAI授業の成功確率を高め、試用段階から本格的な使用への準備段階へ入るに至った。本稿では、2つの構造系CAIプログラムを授業で使用した結果を分析し、CAIプログラム学習を実施する上での一つの形式及びそれにまつわる問題点を考察する。1, 2で使用されたCAIプログラムとその学習について述べ、3でその結果について、4でCAI学習実施の一形式とその必要条件について述べる。

なお、CAI学習のハードウェア環境は本学1号館パソ

コン室(NEC PC-9801VM2/42台、プリンタPC-PR101/21台)及び7号館パソコン室(NEC PC-9801M/30台、同VX21/30台、プリンタPC-PR201/15台、PC-PR101E/15台)である。

1 プログラムの構成

まず、使用されたCAIプログラムについて述べる。2つのプログラムは前稿(4)表-3のNo.5及びNo.6の発展形である。No.5はICA Iを目指してProlog言語で記述されたたわみ角法解法問題演習システムであり、実行は自作のグラフィック等述語を組み込んだArity Prolog V5.1で行われ、プログラム、問題データベース、学生名ファイル、学習記録ファイルの5つのファイルから成る。プログラム+データベースのサイズはソースレベルで172KB、インタプリタセーブファイルで144KBである。No.6はN88-BASIC(86)で記述された固定モー

メント法解法手順学習システムで、(m1): 節点非移動型手順学習コース、(m2): 節点非移動型計算練習コース、(m3): 節点移動型計算練習コースの3コースから選択学習される。各コースはプログラム、学生名ファイル、学習記録ファイルから成り、プログラムサイズは各々53、96、110KBである(m2、m3はサイズが大きいので3つに区別され、チェーンして実行される)。

これらを本体にし、前処理及び後処理部を付け加えて実施システムを構成する。前処理部は、前稿(5)のハード環境調整を行い、そしてパソコンに不慣れた学習者の為にCAI学習で使用するキーの位置を図示し、学生番号入力を要求し、入力された番号から後で行われるCAI学習を記録する為の学生名ファイルを作成してCAIプログラム本体に渡す。後処理部は学習報告(アンケート)を書くための設問を表示する。

入力部は標準入力形式が考慮され、前稿(5)の状態変数S1~S7のうち、S1~S4はハード的なものである所以その値を1に出来るが、S5~S7は、ユーザーの操作に関連するので完全を期す事は出来ない。それゆえ、それらの値を0.9に見積もればシステムの成功確率は0.73になる。これは前稿(5)表-1の値と較べると最大の値である。

2 CAI学習

次に、実際どのようにCAI学習が進められて行くのかを一連のCRT画面のハードコピーを図示して(図1~20)述べよう。

2-1 前処理部

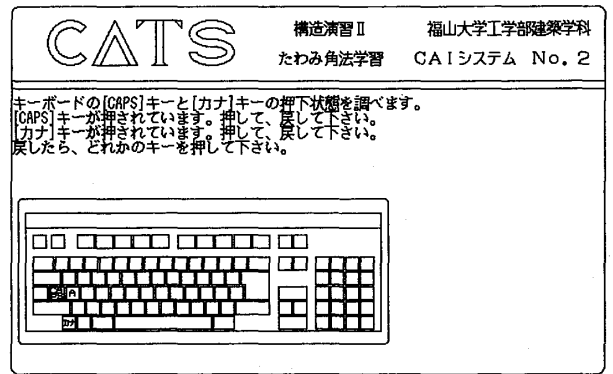
CAIシステムがスタートすると最初にハード環境調整部が実行されて支障のあるときは(図1)[CAPS]または[カナ]キーのロックがはずされ、ないときはそのまま次のキーボード説明へ進む(図2)(No.5の場合; No.6ではハード環境調整の次に初めてかどうかの質問があり、初めてのときだけキーボード説明部が実行される)。そして、学生番号入力が促され、入力されると用意された学生名簿ファイルと照合して名前を性別に応じて表示して確認する。照合できない番号は入力ミスと判断され再入力要求する。学生番号が確認されるとCAIプログラムに実行が移る(図3)。

ここで学習の履歴を記録するようにすると、CAIを始める前に前回の学習状況を表示し、種々の応答をすることが可能になり、学習者のやる気を喚起する工夫も出来そうである。

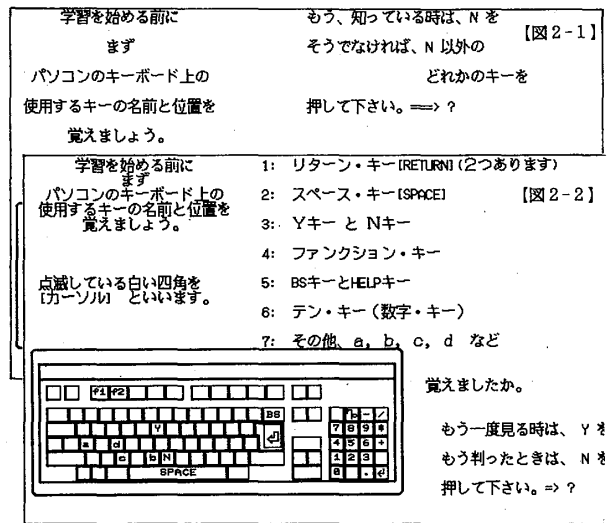
2-2 No.5

No.5に実行が移ると問題データベースに与えられた問題が順に出題されて行く。

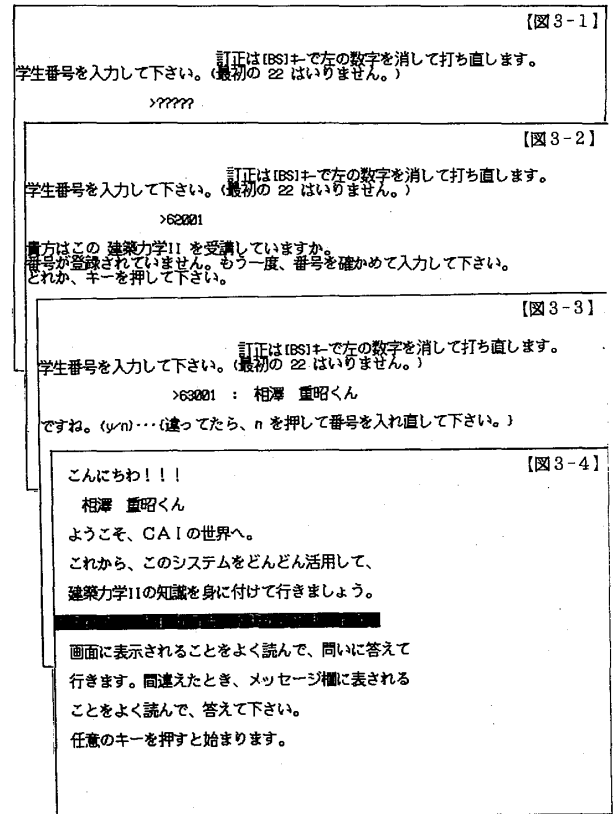
まず、問題の図と設問、入力方法に関する注意事項が表



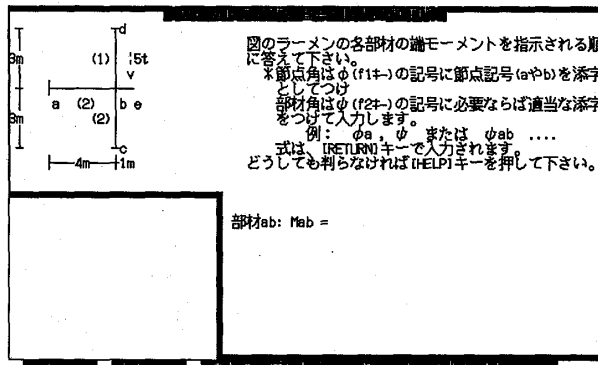
【図1 開始画面】



【図2 キーボード説明】



【図3 学生番号入力画面】



【図4 No.5 プログラム開始画面】

部材ab: Mab = 2φb Mba =	【図5-1】
あなたの答 : 2 * φb - 4 です。	
部材ab: Mab = 2φb Mba =	【図5-2】
貴方の解答は間違っています、もう一度考えて下さい。	
あなたの答 : 2 * φb です。	
部材ab: Mab = 2φb Mba =	【図5-3】
剛比と係数の関係は、判っていますか。	
あなたの答 : 4 * φb - 4 です。	
部材ab: Mab = 2φb Mba =	【図5-4】
荷重項の計算式は判っていますか。HELPキーを押して下さい。	
あなたの答 : 4 * φb - 4 です。	
部材ab: Mab = 2φb Mba = help	【図5-5】
1 たわみ角法公式 2 荷重項公式 3 ヒンジを含む材の公式 4 コンピュータに質問する 5 キャンセル 番号を入力してください。	
あなたの答 : help です。	
部材ab: Mab = 2φb Mba =	【図5-6】
等分布荷重の場合の公式 左端 : - (w * l * l / 12) 右端 : + (w * l * l / 12) 集中荷重の場合の公式 左端 : - (p * (a + b) * l / (1 + 1)) 右端 : + (p * (a + b) * l / (1 + 1)) a, b: それぞれ右端, 左端からの距離。但し a=b なら: -, + (p * l) / 8	
部材ab: Mab = 2φb Mba = 4φb 部材cb: Mcb = 2φb Mbc = 4φb 部材bd: Mbd = 2φb Mdb = φb 部材be: Mbe = -5 Meb = 0	【図5-7】
まだまだですね。教科書等をよく読み、じっくり考え問題を行って下さい。 リターンキーを押して下さい。	

【図5 No.5 端モーメント回答時画面推移】

節点方程式

端モーメント式の答え方は判りましたか。  
 次は、端モーメント式より節点方程式を作って見ましょう。  
 これからはシステムとの対話はできないので、答えは自分のノートに書いて下さい。  
 任意のキーを押すと答えを表示します。

部材ab: Mab = 2φb  
Mba = 4φb  
部材cb: Mcb = 2φb  
Mbc = 4φb  
部材bd: Mbd = 2φb  
Mdb = φb  
部材be: Mbe = -5  
Meb = 0

【図6 No.5 節点方程式回答画面】

示され、与えられた構造物の部材端モーメント式の入力待ちになる (図4)。学習者は画面上に指示された部材端の端モーメント式をたわみ角法基本公式を適用し、0 になる項は省略し、( ) を展開して、例えば、

$$2 f \cdot 1 b \text{ [RETURN]}$$

のようにタイプして入力する。

正答であれば次の材端あるいは次の部材の端モーメント式入力へと進み、誤答であれば、最初は図 5-2 のようなメッセージが、次からは誤答原因を考えさせ正答を気づかしめるようなメッセージ (図 5-3 / 5-4) を表示して再入力待ちになり、正答になるまで繰り返す。ここで、[HELP] キーを押すと基本公式や荷重項公式などを表示するメニューが現れ (図 5-5)、それらを選択実行できる (図 5-6)。(“4 コンピュータに質問する”の処理は、質問文を日本語の 2 バイト文字で入力するようにしている為、かな漢字変換入力が初心者にとって種々のエラーを誘発し易く、エラーレスの入力方法が考案されるまでは、カットしてある。) 全部材の端モーメント式を答えると、エラー回数に応じた評語が表示され (図 5-7)、節点方程式の立式へ進む (図6)。残念ながら現時点では、これ以降の処理では解答入力と正誤判定による繰り返し応答は未だ組み込まれておらず、単に正解を表示し、解説するだけの学習になる。

図 6~10 のように順に節点方程式、(層方程式が必要な場合は層方程式、) その解、端モーメント及びせん断力の計算値の表示、M 図、Q 図の描画へと進む。図 7 のところで [HELP] キーを押すと前項 (即ち節点方程式) を解説する (図11)。層方程式が必要な場合はその解説も表示できる。

図 6 のメッセージに表されるように、学習者は節点方程式立式以降ではまず答えをノートに書いてから [RETURN] キーを押して正解を見、間違ったときはもう一度考え、あるいは [HELP] キー押下して解説を見て正答を理解するという具合に進めて行き、M 図、Q 図を描画して一問が終わり、次の問題へ進むかどうか選択する (図12)。  
2-3 No.6

No.6 では問題データベースが用意されておらず、計算する構造物の形状や部材剛比、荷重状態を入力 (即ち問題を入力) してから固定法図上計算をパソコン画面上で行う。その為 No.6 に実行が移る前に (前処理最後で) 問題データ (構造物の形状、部材剛比や荷重状態) の入力方法を例示している (図13)。No.6 が始めるとプログラムの説明 (図14) が現れ、問題データを順に入力して行く (図15)。誤りに気づいたときは 1 回前に入力したデータを [f・10] を押してその入力状態へ戻して再入力できる。問題データの入力が終ると確認が行われ (図15

節点方程式  
節点b:  $10\phi b = 5$

部材ab:  $M_{ab} = 2\phi b$   
 $M_{ba} = 4\phi b$   
 $M_{bc} = 2\phi b$   
 $M_{cb} = 4\phi b$   
 $M_{bd} = 2\phi b$   
 $M_{db} = \phi b$   
 $M_{be} = -5$   
 $M_{eb} = 0$

節点方程式は正解でしたか？  
 次に、これらを連立方程式として解き、それぞれの端モーメント値を求めて見ましょう。

表示、  
 閉じます。

【図7 No.5 節点方程式表示画面】

節点方程式  
節点b:  $10\phi b = 5$  :  $\phi b = 0.5000$

部材ab:  $M_{ab} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{ab} = -0.75[t]$   
 $M_{ba} = 4\phi b = 2.00[tm]$ ,  $Q_{ba} = 0.75[t]$   
 部材cb:  $M_{cb} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{cb} = -1.00[t]$   
 $M_{bc} = 4\phi b = 2.00[tm]$ ,  $Q_{bc} = 1.00[t]$   
 部材bd:  $M_{bd} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{bd} = -0.50[t]$   
 $M_{db} = \phi b = 0.50[tm]$ ,  $Q_{db} = 0.50[t]$   
 部材be:  $M_{be} = -5$   
 $M_{eb} = 0$ ,  $Q_{be} = 0.00[t]$

連立方程式の解は節点方程式の右側の値に求まります。正解でしたか？この値を節点モーメント式に代入して、端モーメント値を求めましょう。

任意のキーを押すと答えを表示します。

【図8 No.5 連立方程式の解の表示画面】

節点方程式  
節点b:  $10\phi b = 5$  :  $\phi b = 0.5000$

部材ab:  $M_{ab} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{ab} = -0.75[t]$   
 $M_{ba} = 4\phi b = 2.00[tm]$ ,  $Q_{ba} = 0.75[t]$   
 部材cb:  $M_{cb} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{cb} = -1.00[t]$   
 $M_{bc} = 4\phi b = 2.00[tm]$ ,  $Q_{bc} = 1.00[t]$   
 部材bd:  $M_{bd} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{bd} = -0.50[t]$   
 $M_{db} = \phi b = 0.50[tm]$ ,  $Q_{db} = 0.50[t]$   
 部材be:  $M_{be} = -5$   
 $M_{eb} = 0$ ,  $Q_{be} = 0.00[t]$

端モーメント値は正解しましたか？これらの端モーメント値よりモーメント図とせん断力図を描いて見ましょう。

任意のキーを押すと図を表示します。

【図9 No.5 端モーメント値表示画面】

[モーメント図] [せん断力図]

部材ab:  $M_{ab} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{ab} = -0.75[t]$   
 $M_{ba} = 4\phi b = 2.00[tm]$ ,  $Q_{ba} = 0.75[t]$   
 部材cb:  $M_{cb} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{cb} = -1.00[t]$   
 $M_{bc} = 4\phi b = 2.00[tm]$ ,  $Q_{bc} = 1.00[t]$   
 部材bd:  $M_{bd} = 2\phi b = 1.00[tm]$ ,  $Q_{bd} = -0.50[t]$   
 $M_{db} = \phi b = 0.50[tm]$ ,  $Q_{db} = 0.50[t]$   
 部材be:  $M_{be} = -5$   
 $M_{eb} = 0$ ,  $Q_{be} = 0.00[t]$

モーメント図とせん断力図を描く事ができましたか？このような手順で構造物の解法は進みますが、たわみ角法について理解する事ができましたか。

リターンキーを押して下さい。

【図10 No.5 M図、Q図描画面】

それは、節点方程式の立て方を説明しましょう。

節点aは固定端だから節点角変形が生じないので、固定端では節点方程式を考えなくてよい。

節点bは固定端でもピン端でもないで、節点角が生じ、節点方程式を作る必要があります。節点cは固定端だから節点角変形が生じないので、固定端では

節点方程式を考えなくてよい。節点dは固定端だから節点角変形が生じないので、固定端では節点方程式を考えなくてよい。

節点eは自由端だから、部材ebは、b点を固定端とする片持ち梁と考えることができます。

片持ち梁の応力は力の釣り合い条件から求められるので、自由端では、節点方程式を考える必要はありません。

節点bに集まる部材はab材とcb材とbd材とbe材です。b点側面には、 $M_{ba}$ ,  $M_{bc}$ ,  $M_{bd}$ の節点モーメントが生じ、これらが節点に反時計回りに作用して、節点は釣り合い状態にあります。ですから、b点での力のモーメントの釣り合いにより

$M_{ba} + M_{bc} + M_{bd} + M_{be} = 0$  すべて加えて0というのが釣り合い条件ですね。この式に端モーメント式を代入して整理すれば、変形で表された節点方程式が得られるのです。もう、覚えましょう。

【図11 No.5 節点方程式解説欄表示】

次の問題を行いますか？ : y/n >

【図12 No.5 終了画面】

プログラムでは、最初に長方形ラーメンのデータを入力します。

下図のラーメンの場合、入力データとなる各数値は以下のようになります。プログラムを始めたらこの数値を順に入力して行く訳です。

スパン数: 1  
 層数: 1  
 支持条件: 1  
 繰返し回数: 2 or 3  
 柱と梁の長さ: 柱長? 3, 梁長? 4  
 梁と柱の剛比: 左柱(2), 右柱(3)

等分布荷重  $w(t/m)$ : 1  
 中央集中荷重  $P(t)$ : 2  
 集中荷重  $P(t), a(m)$ : 3

荷重タイプの番号: 1... 等分布荷重の場合  
 $w(t/m)$ : 3  
 荷重タイプの番号: 0... 荷重はこれ以上ない  
 つまり等分布荷重だけのとき

\* 荷重データの最後や荷重がないときは 0 を入力します。

以上の数値をプログラムの指示に従って入力すると、固定法の図上計算が始まります。

★★★ 演習課題のラーメン形のデータを例に習って入力し、計算しない。説明をよく読んで実行しましょう。 >>> どれか、キーを押して下さい。

【図13 No.6 データ入力例示画面】

これは、固定法によるラーメンの解法を計算手順に従って、学習者自身が計算しながら、解答していくプログラム学習です。これで、固定法が理解できます。スパン数、層数、支持条件、繰返し回数、スパンと層の長さ、剛比、水平荷重、荷重のタイプ、荷重を指示にしたがって、数値を入力して下さい。一つの入力が終わると、リターンキーを押して下さい。

全ての必要な入力が終わると、計算を始めることができます。

次に、表の見方ですが、DFは分配率、FEMは固定端モーメント、Dは分割モーメント、Cは割端モーメント、Σは端モーメント、SMは端モーメントです。計算図表節点位置の数値は、名、節点番号を表します。そして、( ) 中の数値は、名材の剛比を表します。また、[ ] は、柱の分担率を表します。

\* 途中で、この説明文を見たい時は HELP キーを、計算の説明文が必要な時は F キーを、電卓が必要になったときは E キーを、それぞれ押して下さい。説明文はスペースキーを、電卓は HOME CLR キーを押すことで、元に戻ります。

このプログラムは、節点移動するときの固定法の解法です。なお 入力は1スパン、1~2層として下さい。それでは、始めましょう。スペース・キーを押して下さい。

【図14 No.6 プログラム開始画面】

7)、図上計算での操作の仕方が表示されて (図15-8)、計算が始まる (図16)。

図上計算では間違えると図16-2のようなメッセージが現れ画面最上段に正解計算手順が表示され、再入力待ちと

スパン数 は: 1 ... スパン数は1とします。  
 層数 は: 1  
 支持条件 は: 1  
 繰返し回数 は: 3

ラーメン形状  
 層 : 1

支持部 0 ? ↑ ↓ ↓ ?

【図15-1】

支持条件を選んで数字で入力して下さい。  
 支持条件 => 数値 支持部形状  
 基礎梁のある場合は 0 >>> ↓ ↓ ↓  
 固定端の場合は 1 >>> ↓ ↓ ↓  
 ピン端の場合は 2 >>> ^ ^ ^

...柱と梁の長さを入力して下さい...  
 層 : 1

【図15-2】

...梁と柱に剛比を入力して下さい...  
 層 : 1

【図15-4】

...梁と柱に剛比を入力して下さい...  
 層 : 1

【図15-3】

...梁に荷重のタイプと荷重を入力して下さい...  
 層 : 1

荷重のタイプ ... それ以上なければ => 0  
 (1) w (2) v (3) v

梁部材番号 1 => 荷重数: 1 番目  
 荷重タイプの番号: ? 0

【図15-5】

...水平荷重を入力して下さい...  
 層 : 1

【図15-6】

...入力されたデータの確認 ...

スパン数 : 1  
 層数 : 1  
 支持条件 : 1  
 繰返し回数 : 3  
 柱と梁の長さ/剛比/水平荷重/梁の高

訂正: [F・10]#: ; なし: [19-7]#: >>> ?

【図15-7】

これから、固定法の計算を始めます。  
 計算図表の ? の出ている所の数値を自分で計算して、数字キー、リターンキーを押して入力して下さい。  
 初めに一番上の行に何を計算するのが、表示されます。リターンキーを押すと、計算図表上になんか表示されて、その欄の数値を計算することになります。一番上の行に表示される説明をよく読んで、計算する数値の意味を理解して下さい。  
 入力した数値が間違っていた場合、正しい数値を計算するやり方が、一番上の行に表示されますから、リターンキーを順に押して行って下さい。計算する数値が図表上のどの欄のものかも、その欄が反転表示されるので判ります。正解が表示されると図表の ? の欄に戻るので、もう一度正しい数値を入力して続けます。  
 忘れないように計算図表をノートに書いて具体的な手順を番号をつけて書き込んでおくといいたいですね。

【図15-8】

【図15 No.6 問題データ入力時画面推移】

なる。この繰り返しで、DF、D、Cと計算が進み、Σ欄の計算で図上計算が終る。計算の途中で計算項目の説明が見たいときは[F・10]キーを押すと、数値エラーメッセージと同様の表示欄に解説文が表示され (図16-7)、電卓を使いたいときは[F・9]キーを押すと、ミニ電卓が表示され計算できる (図16-8)。

Σk=74 1 (2) 2

【図16-1】

入力した数値が間違っています。  
 正しい数値を計算するやり方が、一番上の行に表示されますから、リターンキーを順に押して行って下さい。計算する数値が図表上のどの欄のものかも、その欄が反転表示されるので判ります。  
 正解が表示されると図表の ? の欄に戻るので、もう一度、正しい数値を入力して続けます。  
 スペースキーを押して下さい。

【図16-2】

Σk=4 1 (2) 2

【図16-3】

Σk=4 1 (2) 2

【図16-4】

Σk=4 1 (2) 2

【図16-5】

DF	0.500	0.500 (2)	0.400	0.600		
FEM	0.00	-2.40	0.00	0.00	-3.60	3.60
D1	1.20	1.20	1.44	2.16		
D2	-1.01	0.72	0.64	-1.51		0.91
C1	0.14	0.14	0.36	0.55		
C2	-0.21	0.18	0.07	-0.31		0.24
C3	0.01	0.01	0.10	0.14		
Σ	-2.26	2.26	2.57	-2.57		

ΣΣk=10 3(2) [-0.200] 4(3) [-0.300]

【図16-6】

Σk=4 1 (2) 2

Σk=5 2

各材端モーメントは、FEMと第一、第二次の分割モーメント、到達モーメントの和によって得られる。  
 (Σ = FEM + D1 + C1 + D2 + C2 + ...)  
 なお、簡単な架構の場合では、第一次のみで正解を得られる場合もある。

【図16-7】

DF	0.500	0.500 (2)	0.400	0.600		
FEM	0.00	-2.40	0.00	0.00	-3.60	3.60
D1	1.20	1.20	1.44	2.16		
D2	-1.01	0.72	0.64	-1.51		
C1	0.14	0.14	0.36	0.55		
C2	-0.21	0.18	0.07	-0.31		
C3	0.01	0.01	0.10	0.14		
Σ	-2.26	2.26	2.57	-2.57		

ΣΣk=10 3(2) [-0.200] 4(3) [-0.300]

【図16-8】

【図16 No.6 計算図表数値入力時画面推移】

計算が終ると計算された端モーメントが表示され、そして各計算項目で間違えた回数が項目名と共に表示され、注意すべき点の反省を促す(図17)。次にM図の描き方を示し且せん断力の計算公式を表示し(図18)、もう一度端モーメント計算値を表示してM図、Q図をノートに描くことを指示して(図18)、その後M図、Q図を描画して(図19-1)、終了メッセージを表示して終る(図19-2)。

只今のあなたの学習結果

計算項目	エラー回数	
節点まわりの分割率の計算	1	一番多く間違えた計算項目はどこでしょうか。正答率は何%でしたか。この次は気をつけよう。
節点まわりのΣkの計算	1	
同じ節点の柱の分担率の計算	0	
同じ節点のΣkcの計算	0	
節点まわりのFEMの記入	1	
端モーメントの計算	0	
せん断力の計算	1	
節点まわりの分担モーメント	1	
節点まわりの端モーメント	1	
追加端モーメントの計算	0	
端モーメントの計算	0	間違った所の計算方法を思い出し、計算の手順や考え方を理解して行きましょう。
(入力回数: 70) Total: 6		
今回の正答率: 91.4		

【図17 No.6 学習結果表示画面】

M図の一般的描き方 >> 節点を中心に時計回りに矢印を引く。

求めた端モーメントの値が正のとき、矢印の側に図を描く。負のとき、矢印とは反対側へ描く。

せん断力を求める公式 >>

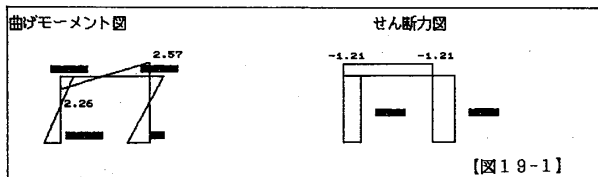
$$Q_{AB} = - (M_{AB} + M_{BA}) / L_{AB} + Q_{AB}$$

$$Q_{BA} = - (M_{AB} + M_{BA}) / L_{AB} + Q_{BA}$$

ただし、 $Q_{AB}$ 、 $Q_{BA}$  は 部材ABを単純梁とした時の部材に作用する荷重のせん断力  
 $L_{AB}$  は 部材長である。

固定法計算結果を再掲しますから、ノートに描いてみなさい。描き終わったら、任意のキーを押して下さい。図が表示されます。

【図18 No.6 M図描き方説明等/端モーメント値再表示画面】



【図19-1】

【図19-2】

ノートに計算手順のメモを書きましたか。書き込むことによって、よく記憶できるのですよ。理解できるまで繰り返しましょう。

Ok

【図19 No.6 M、Q図描画/終了画面】

2-4 後処理部

CAIプログラムが終ると図20の学習報告の設問が表示され、学習者がこのCAI学習をどのように感じたかを課題用紙に書いて貰う。ここで得られる感想から入力や表示等の改良できる資料が得られるかもしれない。

学習報告

以下の問いに対し、感じたことを課題用紙の裏に番号と共に書いて下さい。全部で12問あります。

- パソコンを操作するのは初めてですか。そうでないとき、どれくらい操作しましたか。
- 最初のキーボード説明でキーの位置はわかりましたか。わからなかったとき、それは、どのキーですか。
- キー操作で判らなかつたことがあったらそのことを書いて下さい。
- 表示された説明文は理解できましたか。できなかった所があったら、そのことを書いて下さい。
- 問題の図は判りましたか。判らなかつた場合、それは、どんな所ですか。
- 解答時に表示されるメッセージは理解できましたか。判らなかつた場合、それは、どんな所ですか。
- 準備ができたならどれかキーを押して下さい。
- 節点方程式の解説を見ましたか。見た場合、解説内容は理解できましたか。判らなかつた場合、それは、どんな所ですか。
- 層方程式の解説を見ましたか。見た場合、解説内容は理解できましたか。判らなかつた場合、それは、どんな所ですか。
- 他に解説して欲しい所はありますか。あったら、書いて下さい。
- こういう形式の学習をどう思いますか。もっとしたい。もうしたくない。どちらでもない。ディスクを借りて、学習したい。等等、思ったことを書いて下さい。
- 問題は何問できましたか。
- その他、何か気がついたことや感想等を書いて下さい。

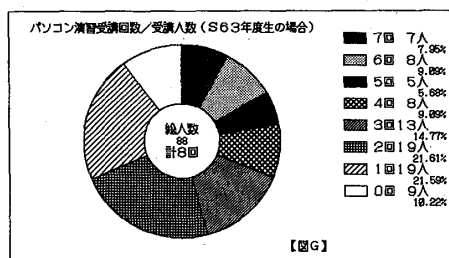
もう一度、前の設問を見るには、 e[19-2] とタイプします。  
 (19-2) はリターンキーのことです。  
 学習をやり直すには、 s[19-2] とタイプします。

【図20 学習報告表示画面】

3 学習報告(アンケート)の分析

CAI学習は筆者の担当する構造演習II(2学年対象)のたわみ角法解法演習及び固定モーメント法解法演習課題の時間に行われた。パソコンの台数の関係でパソコン演習できる人数は1回40名程度になり、たわみ角法(No.5のシステム)と固定法(No.6のシステム)共計4回総計8回の演習が行われた(実施日:h01年:6/5,19,26,7/2,10/2,16,23,11/6)。実施の仕方は、教室でまず課題の解法要点を解説し、パソコン演習する者を選び、パソコン室へ行って学習し、最後に学習報告を書くというものであり、パソコン室での指示手順は前稿(5)に従った。

パソコン演習する者のグループ分けは、まず学生番号の範囲を決め、その中から希望者を募り、人数に余りがあるときは残りを半強制的に選び、次回は前回しなかったものを優先して選ぶ事にした。構造演習IIの平成元年度受講生はS63年度生88人、S62年度生43人、S61年度生5人計136人であり、S63年度生についてパソコン演習受講回数と人数の関係を図Gに示す。S62年度以前の者(計48人)でパソコン演習を受けた者は8回中5名



(各1回だけ)であり、数の少ない原因の一つは彼らが留年を経験したり再履修であったりして、欠席や遅刻が多く、グループ分けに洩れたり、グループ分けした事を知らなかったりすることであろう。図Gから読み取れることは、受講回数と人数の多少によってパソコン学習を好むか否か、ということであり、次の事が言えよう。

- ・約1割の者はパソコン学習に関心がない。
- ・ほぼ半数がある程度関心を持ち、1/4弱の学生は積極的に取り組む。

また、学習報告なるアンケートの集計結果を表1、2に掲げる。この表からは、受講した者に対するCAIプログラムの操作性、受容性等、期待度等のシステムに関する事柄や受講者が何如にCAIを捉えるか等が分析出来る。演習回数が進むにつれてアンケートの回収数が少なくなるのは答えが同じ場合は回収しないからである。

報告項目1～2のキー入力操作に関して、操作で判らないところがあった、と答えたのは全累計で表1、2で共に8%、各回では、高々1名で、3または4回目になるとなしになり、良好な結果である。標準入力形式が教師側の期待通りに作用すると考えて良いのだろうか。

報告項目3～5の説明文等の可読性では、文章が不明と答えたのは表1、2の累計で各々3%、8%、これも回を重ねれば皆無になるが、問題図は擬似グラフィック表示の所があり、表1では不満を答えた者の累計が18%、4回目でも1名(9%)残り、図表示に改良点を指摘される結果となった。表2では図に関して問題はなかった。擬似グラフィック表示はNo.6のプログラムでも使われているがNo.5の後で学習したので慣れたのだろうか。画面表示に関しては、「表示が判りにくい、見にくい、記号や図の表示が判りにくい、判ったけどコンピュータは口が悪い、どのように間違ったのか判らなかった」等の不満が寄せられた。

報告項目6、7では、表1の累計平均で35%が解説を見ていない。表2の6では累計で58%である。見る必要がないので見ないならば結構であるが、この機能に気づいていないならば、気づかせる対策を講じねばならぬ。

報告項目9のCAI学習の感想は、殆ど賛意であり、

表1. 学習報告集計1 (たわみ角法)

各回の報告項目に対する回答数

報告項目	回答	1回 0605 30 30	2回 0619 20 35	3回 0626 10 29	4回 0703 11 41
0. パソコン 使用経験	初めて いいえ 1回 2回 3回 4回 1年ぐらい 高校で少し 1年ゼミで少し 授業(CE)で少し		10 2 2 1 1 1 3	4 1 2 1 1 1 1	1 4 2 1 2 1 1
1. キー ボード説明 の理解	判った まあまあ いいえ	29 1 BS	16 3 1	8 1 1	10 1
2. キー操作 不明箇所	なし まだ覚えてない その他	29 1	19 1	9 1	11
3. 説明文の 理解	なし・判った その他	29 1	19 1	10	11
4. 問題図の 理解	なし・判った その他	24 6	17 3	7 3	10 1
5. 誤答時 説明文の 理解	なし・判った なんとか判った その他	29 1	17 3	8 1 1	10 1
6. 節点方程 式解説の 理解	無記入 見てない なし・判った	11 19	2 2 16	1 4 5	4 7
7. 層方程 式解説の 理解	無記入 見てない なし・判った		2 10 8	1 2 7	3 8
8. 他の解説 希望箇所	なし あり	22 8	20	10	10 1
9. CAI 学習の 感想	無記入 おもしろい いいと思う もっと取入れた 方がよい 慣れれば もっとしたい もっとしたい もっと 長くしたい デスクを借りて したい もう少ししたい どちらでもない 判らない もうしたくない	2 2	1 4 2 1 8 4 1 1 1 1	1 5 2 2 2 2 1 1 1	3 7
10. 解いた 問題数	1問の途中 1問 2問目の途中 2問 3問目の途中 3問 全問(3-4問)	2 11 4 10 2 1	5 1 7 1 5 1	1 2 2 6 1 1	1 2 7 1
11. その他の 感想	なし 他	14 16	9 11	6 4	3 8

- \*1) 各回最上段の2行目数値は演習実施日(平成元年)  
\*2) 各回最上段の3行目数値は報告回収した数  
\*3) 各回最上段の4行目数値は演習受講した数

「どちらでもない」ものを消極的否定と捉えても反対意見は累計で4%であった。

報告項目10のパソコン演習でその時間内に解いた問題数は、表1では3問以上に焦点を合わせると3、30、70、72%と1~4回と進むにつれて解けた人数の%が多くなっている。理解度が向上したというよりは、システムの操作法に慣れた結果と言うべきであろう。表2ではそのような結果は見られない。

表2. 学習報告集計2 (固定法)

各回の報告項目に対する回答数

報告項目	回答	5回	6回	7回	8回
		1002 12 38	1016 1 20	1023 8 30	1106 4 33
0. パソコン 使用経験	初めて	1			
	いいえ	3	1	2	2
	1~2回	3		1	
	3~4回	1		1	
	5~6回			2	1
	7~8回				
1年ぐらい	3				
高校で少し	1		2	1	
1年ゼミで少し					
授業(CB)で少し					
1. キー ボード説明の理解	判った まあまあ いいえ	12	1	7	4
2. キー操作 不明箇所	なし まだ覚えてない その他	12	1	8	4
3. 説明文の 理解	なし・判った その他	11 1	1	8	4
4. 問題図の 理解	なし・判った その他	12	1	8	4
5. 誤答時 説明文の 理解	なし・判った なんとか判った その他	11 1	1	8	4
6. f.10の 解説の 理解	無記入 見てない なし・判った	7 5	1	5 3	2 2
7. f.9 電卓 の使用 是非	使わない 使った あった方がよい 他	1 11 3 4	1 1	5 3 1	3 1 1
8. 他の解説 希望箇所	なし あり	12	1	8	4
9. CAI 学習の 感想	無記入 もつとしたい ディスクを借りて したい どちらでもない	7 4 1	1	1 7 2	1 3
10. 解いた 問題数	1問 2問 全問 (2-3問)	11 1	1	7 1	4
11. その他の 感想	なし 他	9 3	1	6 2	3 1

\*1) 各回最上段の2行目数値は演習実施日(平成元年)

\*2) 各回最上段の3行目数値は報告回収した数

\*3) 各回最上段の4行目数値は演習受講した数

報告項目11では、表1、2合わせた累計で48%(46件)の感想が寄せられた。代表的なものを参考までに、以下に列記しておく。

- パソコンを使ってするとなんとなく理解するのが早くなったような感じがした。
- 解答とを照らし合わせて出来るのでよいと思う。
- 順々に理解して行けたし画面もきれいで見やすくこれまでのもやってみたい。
- 判り易いし、間違っていたら先に進めないところがよい。
- こういう授業だと自分の失敗が判りやすいので毎週やって貰いたい。
- こういう時間をもっと作って貰いたい。
- たのしく学習出来てやる気が起こる。
- 面白かった。
- すぐに節点方程式、層方程式がでるので簡単。
- 計算する時間が省けてよい。
- めんどくさい。
- 初めてやったのですごく時間がかかった。
- 画面にでて来る文字は見にくかった。
- 馴染まなかつたので苦労した。
- パソコンを使って解いたが、見やすくとっつきやすいが、頭の良い人にはあの程度なら必要ないと思う(自分はよくない方)。
- 初めてやってキーを押して文字が出るのがやって面白けれど、紙で計算して書いた方がいい。

最後に、実施時に気づいた点について記すと、

キー操作については特に質問はなく、問題の意味に対する質問が二三あった。

コンピュータゲーム等の影響だろうか、No.6の図上計算後の評価点に敏感に反応した。

No.6で問題データの入力の時、No.5のようにプログラム内で問題を用意した方がよい、との意見があった。

パソコン演習を行う教師の思惑は、「CAIプログラムの使用法を授業で覚えて貰い、学生の自由な時間でパソコン室が空いているときにCAIディスクを貸し出して学習して貰いたい」ということである。学生の感想では、かなりやる気になった者もいるようであるし、「ディスクを借りてほしい」という声も多いのだが、実際にディスクを借りて自習をした者は2名だけであった。これは一体何を意味するのだろうか。

#### 4 実施システムの一形式とその必要条件

1で述べたパソコン学習の実施形式即ち

- (1) 前処理
- (2) CAIプログラム
- (3) 後処理



を実施形式の標準とする。標準形設定の利点はそれが一つの目安になり、システムに一定の水準を与えられ、プログラムを作る側もその形に合わせるという事で形式的に処理できる事である。

次に各部の備えるべき必要条件を考察しよう。

(1) の前処理では、まず、使用するキーの説明をして、次に学習する者を認識し、学習を始める前の応答を行う。そのために学習履歴を記録する機能が必要になる。記録されるデータは、今までの全学習時間、学習回数、累積学習評価、学習頻度、学習意欲指数、前回の学習日付、学習時間、学習評価等が最低限必要である。これらのデータから“学習者を刺激し、やる気を喚起する”助言を表示するのである。そして、(2) への受渡しデータ(学生名)を作成する。

(2) のCAIプログラムは、前稿までの諸要件を備え、(1) より学生名を受け取り、学習記録用のファイルを作り学習再現の為の記録と学習評価記録(学習日付、学習時間、学習評価)をとる。

(3) の後処理では、(2) の学習評価記録を受けとって学習履歴データを作成して記録し、また学習者に表示して勇気づける。特に注意することがあれば、特別記録に記録して、教師の特別指示を作成するデータとする。

ここで、教師が特別指示を(3) で作成された特別記録に基づいて作成する為に(4) として、特別指示処理部を加えねばならない。すると、(1) の前処理に“もし特別指示のデータがあればそれを表示する”部分が付け加えられる。

以上のシステムで用いられるファイルは、特別指示、学生名簿、学習履歴、学生名、学習記録、学習評価の計6つであり、大容量の共有ハードディスクが使用出来る環境があればよいが、スタンドアロンのディスクシステムを使用する場合には、学生1人に1枚のディスクと特別指示の為のディスクが必要になる。この管理は保管、貸しだしの規則をたてて周到に行わねばならない。

CAIにおいて最終的に問題になるのは、その学習効果であるが、それを計るのは、難しい。しかしながら、CAIでは、学習の記録が容易に取れるので、学習を管理する上では好都合である。記録された結果を見て、学習の自己管理する手段を与えられる事がCAIの第一義の長所であろう。

## 終 び

前稿(5) の標準入力形式を考慮した構造系のCAI学習は入力操作に関しては、予想した通りの好結果をもたらしたが、表示に若干の問題を残した。パソコン演習後のテストで「CAI学習で解法手順に通じても計算ミスや初期数値の誤りに対しては、現在のCAIプログラム

学習は無力である」と感じた。このような問題や学習効果の測定方法等解決すべき問題が多いが、ちょっとしたコメントに感激しながらパソコン学習する学生が多いのを見るとCAIへの期待はますます高まる。

## 参考文献

谷口興紀, 横井友幸「建築教育におけるパーソナルコンピュータ利用の可能性について」

福山大学工学部紀要第6号 pp.58-65, 1984

同(2) - prolog言語と述語論理の可能性 -

福山大学工学部紀要第7号 pp.135-142, 1985

同(3) - ICAIプログラムの一般的機能条件 -

福山大学工学部紀要第8号 pp.48-54, 1986

同(4) - 建築分野におけるCAIの現状 -

福山大学工学部紀要第10号 pp.35-42, 1988

同(5) - 入力形式における標準形について -

福山大学工学部紀要第11号 pp.49-55, 1989