

構造力学演習自動学習システムの作成とその試行

Execution and the trial of an automatic study system of a structural mechanics exercise

吉田 明弘[†]
Akihiro YOSHIDA

青木 徹彦^{††}
Tetsuhiko AOKI

鈴木 森晶^{†††}
Moriaki SUZUKI

Abstract : Structure mechanics is the most important fundamental subject in the civil engineering course. Especially, shearing force and bending moment of the beam is considered as the basic significant content. Therefore, students may be regarded as not being reached to the prescribed level of structural mechanics, if their comprehension is insufficient in this basic learning items. For the student who's comprehension is not sufficient, the introduction of CAI (Computer Assisted Instruction) is considered to be very effective, since he can study in accordance with his study speed and level of comprehension. In this study, CAI program software of shearing force and bending moment of the beam is developed by Visual Basic. Then, applying this automatic studying program to students, the efficacy of CAI is investigated, comparing two groups of the students, one who study consulting to a instructor and another the students who study by CAI. From the comparison, a good result is obtained for the studying by the CAI program developed in this study.

1. 序論

少子化や中学・高校時代での数学授業の減少により、学力レベルが以前よりやや低い学生でも大学に入学できる傾向が始まろうとしている。このような学生は従来型の多人数教育では、より一層授業についていけなくなることが予想される。さらに、大半の学校教育では教師一人当たりの受け持ち生徒人数が数十～数百名程度による一斉授業が行われている。そのような教育では生徒一人ひとりに授業内容を理解させることは非常に困難であり、同じ過程を通過してきたにもかかわらず、成績のばらつきを生むことになっている。その打開策として、教師の数を増やす事により生徒数を分割し、教師一人あたりの生徒数を減少させマンツーマン方式をとることが挙げられる。しかし、そのような教育方法は経済的、また設備の面で現実的ではない。

そこで、学習到達レベルに達しない学生に対しては、コン

ピュータを使用することにより、利用者の学習進度・理解度に合わせ効果的に理解させようとする CAI (Computer Assisted Instruction) の導入が考えられる¹⁾。

構造力学Ⅲは、構造力学Ⅰ・Ⅱの積み重ねの上に学習内容が展開される。特に「はりのせん断力・曲げモーメント(以下 QM とする)」は、基礎として最重要単元であり、ここでの理解力が不十分なままでは構造力学Ⅲの学習到達レベル(単位荷重法および不静定構造)には到底及ばない。そのため、これまで「はりの QM」の単元において Quick Basic を用いて CAI が試みられてきた²⁾³⁾。しかし汎用性が低く、一度に使用できる人数に限りがあるという問題点があった。

本研究では、「はりの QM」単元で学生はどのような個所で間違いが発生しているかを分析し、その解説書を作成する。そして CAI プログラムソフトを Visual Basic によって完成させ、CAI 学習者と自主学習者との比較を行い、構造力学Ⅲにおける CAI の効果を調べる。

2. 「はりの QM」単元の間試験とその結果

構造力学Ⅲでは、学生の学習能力の全体的な底上げをはか

[†] 愛知工業大学建設システム工学専攻

^{††} 愛知工業大学 土木工学科(豊田市)

^{†††} 愛知工業大学 土木工学科(豊田市)

るために「はりの QM」の中間試験を行っている。中間試験は、70 点を合格ラインに設定し、不合格者には 2 回目、3 回目の試験を行う。

2.1 「はりの QM」試験の間違い場所及びその原因の分析

「はりの QM」試験では、理論上多くの種類の問題の出題が可能だが、はりの種類と荷重の組合せのパターンは限られてくる。ほぼ毎年出題される問題の型を図 1 に示す。

採点後の答案を学生に返却し、模範解答を参考に、自分の答案の「間違い場所と原因」を「計算ミス」、「理解不足」にわけて、具体的に記述するよう指示した。それを、問題を解いていく過程ごとに分類し、間違えた場所を表 1 に、間違えた場所での原因を表 2 に示す。表 1 及び表 2 より間違える場所は、つりあい式を求めるときが多いが、ほぼすべての分野において学生が間違いを起こしていることが分かる。そこでプログラム内での解説書には、解いていく過程をすべて表示させるのが望ましいと考えられる。また、つりあい式や図を描く際の値を求めるときの計算間違いが比較的多い。これはケアレスミスと考えられ、学生が注意して問題を解いていけば解決できると思われる。理解不足の学生には、さらに簡単な練習問題から解かせていくのが良いと思われる。いずれの場合も、多くの演習問題を学生に与えて実際に解かせていくことがミスの軽減、および理解の向上に効果的と考えられる。

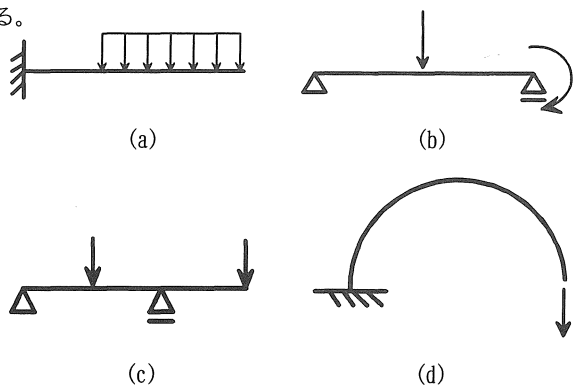


図 1 毎年出題される型

表 1 間違い場所(回収分のみ)

間違い場所	(a) 234 名	(b) 234 名	(c) 150 名	(d) 150 名
ほとんど理解不足	18	6	14	30
反力	24	15	10	—
自由物体図	62	22	16	22
つりあい式(Q・M式)	60	30	62	24
図(Q・M図)	30	47	14	24
正解	40	114	34	50

表 2 間違い原因

(a)

間違い場所	理解不足	計算間違い
反力	7	17
自由物体図	25	37
つりあい式(Q・M式)	13	47
図(Q・M図)	5	25

(b)

間違い場所	理解不足	計算間違い
反力	6	9
自由物体図	9	13
つりあい式(Q・M式)	7	23
図(Q・M図)	7	40

(c)

間違い場所	理解不足	計算間違い
反力	4	6
自由物体図	6	10
つりあい式(Q・M式)	17	45
図(Q・M図)	4	10

(d)

間違い場所	理解不足	計算間違い
反力	—	—
自由物体図	12	10
つりあい式(Q・M式)	12	12
図(Q・M図)	9	13

2.2 「はりの QM」中間試験と「定期試験」の関係

「はりの QM」試験は、単位認定には評価されないが定期試験の点数と関わっていると思われる。表 3 は、平成 11 年度と平成 12 年度の「はりの QM」中間試験を何回目で受かると定期試験(100 点満点換算)では何点取れているかを示している。単位取得には、定期試験結果だけでなくレポート提出や授業の出席点を総合して判断されるが、定期試験の点数が、平成 11 年度が 5 割、平成 12 年度は 4 割が合否の最低ラインになっている。表 3 より、「はりの QM」試験を少ない回数で合格すれば、定期試験で最低合格ラインに達する割合が高い。特に、1 回目で合格した場合は、そのほとんどが合格ラインに達している。これは、「はりの QM」を理解していれば、次のステップを理解し易いと考えられる。そこで、試験前に練習問題として CAI を行い、学生同士で解き合ったり、点数や時間でどちらが早く解けるかを競争させることも有効であると思われる。

表3 定期試験の点数とQM試験の合格(人)

定期試験の点数割合 (100点換算)	はりのQM試験の合格・不合格							
	平成11年度(201名)				平成12年度(250名)			
	1回目 (55名)	2回目 (65名)	3回目 (35名)	不合格 (46名)	1回目 (76名)	2回目 (101名)	3回目 (37名)	不合格 (36名)
80~	21	16	9	0	19	4	2	0
60~79	19	21	12	3	31	24	4	2
50~59	11	12	5	2	8	12	4	0
40~49	1	10	3	4	7	14	9	1
20~39	1	2	3	3	2	14	8	4
0~19	1	2	3	11	5	22	5	10
非受験	1	2	0	23	4	11	5	19
合格ライン以上の割合	(51/55) 93%	(49/65) 75%	(26/35) 74%	(5/46) 11%	(65/76) 86%	(54/101) 53%	(19/37) 51%	(3/36) 8%

2.3 M図概形問題の結果

「はりのQM」試験ではM図の概形を描かせる問題も出題している。これは、単位荷重法の問題において単位荷重を作用させたときのM図を計算せずに描くことが出来るようになれば、問題を解く時間の短縮につながるからである。M図概形問題で出題された主な問題とその正解率を図2に示す。図2より、基本とされる問題でも正解率が意外と低い。これは、学生が出題された問題に対して深く考えずにただ計算しているだけではないかと考えられる。そこでCAIプログラムには、M図の概形を考えさせる問題も取り入れることが望ましい。

始めの画面で、「①-a. 1問ごとに問題を解いていく練習問題形式」、「①-b. M図の概形を答えるM図概形練習問題」、「②点数によって合格を決めるテスト形式」、「③成績を見る」の中から使用したいコマンドを選び、その後は指示に従って進めていく。始めの画面には、「④このプログラムを進めていく上での取扱い方法」、「⑤値の入力や図を描く練習」のコマンドも用意されている。通常は練習問題から始めるが、自信のある学生は直接テスト形式問題を選んで良い。

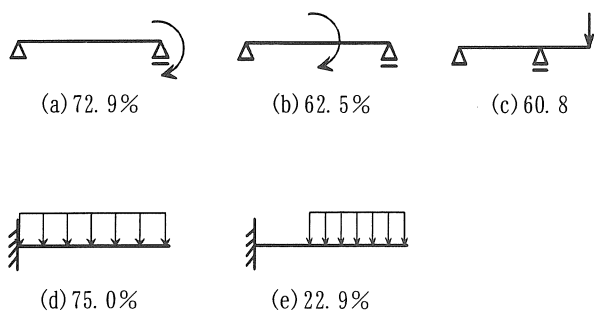


図2 主なM図概形問題とその正解率

3. 学習システム概要

3.1 全体の概要

本プログラムは、後述するプログラム学習のアンケートから、さらに改良したら良い点での意見を取り入れて、作成したものである。その概要を図3に示す。

使用者は、プログラムを起動させた後、学籍番号を入力する。

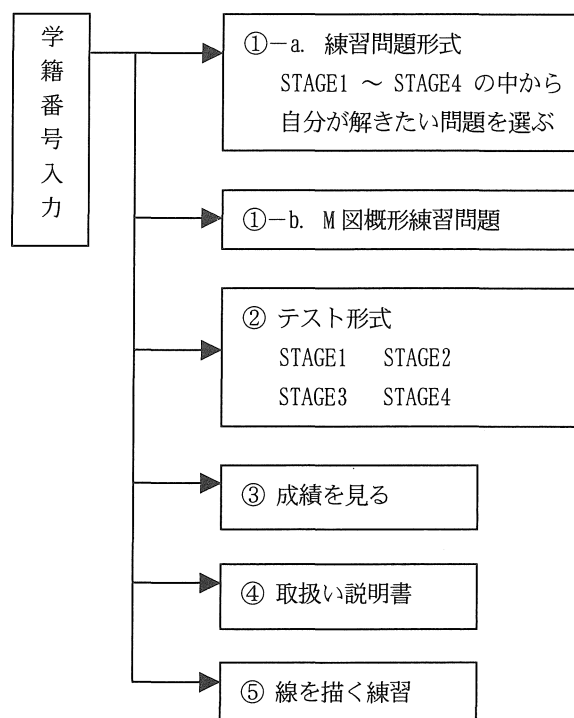


図3 全体の概要

3.2 出題問題と解答のフロー

3.2.1 テスト形式での出題問題の選択システム

「はりの QM」の問題を難易度により 4 つの STAGE に分類する。各 STAGE で出題される問題の型を表 4 に示す。

各 STAGE で 3~4 問解いて、点数が 8 割以上の場合次の STAGE へ、5 割~8 割の場合は同じ STAGE、5 割以下の場合は 1 つ前の STAGE に戻るシステムを採用している。

STAGE1 の場合、4 問出題されるが、1 問目と 2 問目は単純ばりの問題、3 問目は片持ばり、4 問目は張出ばりの問題としてあらかじめ決めておき、荷重の種類が偏らないように出題問題を決めていく。同様に、STAGE2 の場合、1 問目は単純ばり、2 問目は片持ばり、3 問目は張出ばり、STAGE3 の場合は、1 問目に折れ曲りばり、2 問目と 3 問目が単純ばり、STAGE4 の場合、1 問目と 2 問目が 1/4 円弧ばり、3 問目が 1/2 円弧ばりとなっていて、荷重が偏らないようになっている。さらに、同じ STAGE を繰り返して行う場合でも、はりと荷重の組合せが 3 問あるいは 4 問とも同じになる確率は、可能な限り、低くなっている。

また、問題発生に関しては、これまでの研究では、プログラムを実行させるたびに新しく問題を作成し、そのデータを保存してきた。これは、問題を保存しておくことで学生の理解不足の問題を調べることが出来るためである。しかしそれでは以前に、まったく同じ問題が出題された場合でも、問題データを保存してしまう。さらに問題データを保存できるファイル数にも限りがあり、限界を超えるとプログラムが停止してしまう。そこで今回のプログラムでは、一つの型（例えば単純ばりに集中荷重が作用している問題）について、あらかじめ規則性を利用して、プログラム上で 100~6000 通りの問題を作成しておき、その中からランダムに選び出すシステムを採用することにした。なお、現在までに作成した問題数は、STAGE1 がから STAGE4 までの合計で、約 32000 問である。

以上のことから、出題パターンが一定ではないため、どのような問題が出題されるか予想が出来ないようになっている。

3.2.2 テスト形式問題のフローチャート

今回作成したテスト形式問題のフローチャートを図 4 に示す。まず、図 3 で示したテスト形式問題を選択すると問題が出題され、学生は問題を紙に写して解いていく。問題を解いていく過程で、反力を間違えると次の正解が得られない。そこで、反力を解いた時点で一度チェックを行う。正解の場合は次に Q 値・M 値の答えに移るが、不正解の場合はもう一度反力を答える。さらに Q 値・M 値を描いた時点、Q 値・M 値を求めた時点で、それぞれ正誤判定を行う。なお、反力、Q 値・M 値は正解にならないと次に進めないようになっているが、Q 値・M 値は 2 回不正解になると正解が表示され、次の Q 値・M 値の回答に進む。これは、学生が正解と以为ていても、図の描き方が悪くて不正解になっている場合がある可能性があるからである。

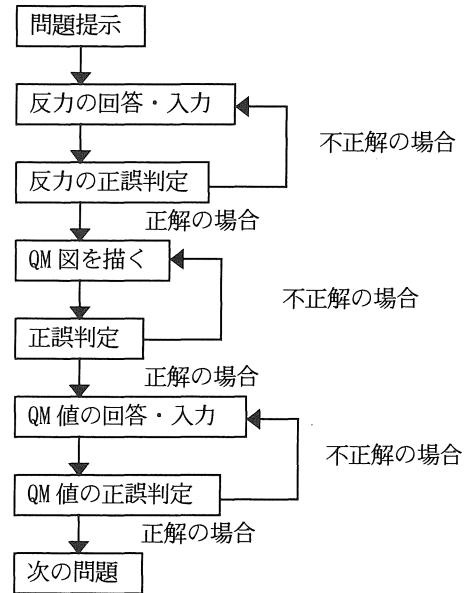


図 4 テスト形式問題のフローチャート

表 4 各 STAGE の問題数及びはりと荷重の組み合わせ方

	はりの種類	1 つのはりに作用する荷重の種類
STAGE 1 (4 問)	単純ばり (2 問) 片持ばり (1 問) 張出ばり (1 問)	集中荷重 or 分布荷重 or モーメント荷重からいずれか一つ
STAGE 2 (3 問)	単純ばり (1 問) 片持ばり (1 問) 張出ばり (1 問)	集中荷重・分布荷重・モーメント荷重からいずれか二つ
STAGE 3 (3 問)	折れ曲りばり (1 問)	集中荷重+分布荷重 のいずれか 分布荷重+分布荷重
	単純ばり (1 問)	集中荷重+分布荷重+モーメント荷重
	単純ばり (1 問)	三角形分布荷重 or 台形分布荷重
STAGE 4 (3 問)	1/4 円弧ばり (2 問) 1/2 円弧ばり (1 問)	集中荷重 or モーメント荷重

3.2.3 練習問題形式と M 図概形練習問題

練習問題形式は、テスト形式にまだ自信のない学生が練習を行うためのもので、テスト形式の STAGE1 から STAGE4 までの、すべてのはりと荷重の組合せの一覧を表示させた中から、学生が解きたい問題を選ぶことができる(図 5 参照)。練習問題形式のフローチャートは、テスト形式と全く同じである。この形式で何点であってもテスト形式には関係がない。そのため、テスト形式に望む前にここで演習問題として解いていけば、より効果的であると思われる。

STAGE 1	STAGE 2	STAGE 3	STAGE 4	
101	201	209	301	401
102	202	210	302	402
103	203	211	303	403
104	204	212	304	404
105	205	213	305	
106	206	214		
107	207	215		
108	208	216		
109				

図 5 練習問題形式選択画面

また、2.3 で述べたように、M 図概形練習問題も選択できる。出題数は 20 問で、難易度は STAGE 1 から STAGE2 程度である。回答方法は、4 つの選択肢から選べるようになっている。この選択肢には、これまでの中間試験で、不正解に多かった回答を取り入れている。問題画面は図 6 の通りである。

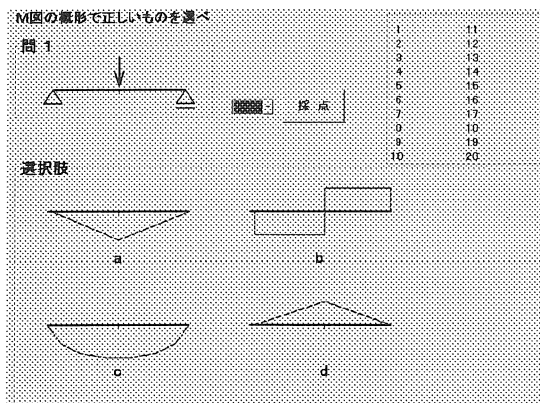


図 6 M 図概形問題画面

3.3 プログラム内容

3.3.1 QM 図描画システム

CAI プログラムソフト作成において、答えの数値の判定は比較的容易であるが、Q 図・M 図を描画させてその正誤判定を

コンピュータに行わせることは従来から非常に困難な作業であった。しかし、学生に Q 図・M 図を描かせ、その判定を行わないと完全な CAI システムとはならない。そこで、Visual Basic の特性を活かしてマウスによる図の描画を行えるようにする⁴⁾⁵⁾⁶⁾。この図形描画プログラムを作成するにあたって発生した問題点とその対応策を以下に示す。

(1) 線の種類

図を描画する際に必要な線の種類は、直線と曲線である。さらに、始めは直線で途中から曲線、あるいはその逆も出来るようにしなければならない。

まず、画面上に直線と曲線のどちらかを選べるオプションボタンを用意し、このどちらかのボタンが押されている場合に限り、線を引くことが可能となるようにする。そして、直線の場合はマウスをクリックすると線が引けるようになり、曲線の場合はマウスを押していると線が引けるようにする。

(2) 補助線の使用

線を引くとき、目分量で描いていたのでは不正解になることがある。そこで、QM 図を描くときは違う太さの線を用いて補助線を引けるようにする。それによって、分布荷重による M 図の曲線も、より描きやすくなる。

(3) 線の描き直し

線を描き直したい場合、画面すべてをクリアした場合、出題した問題まで消えてしまう。そこで、一度描いた線の座標のデータを読み込んで、背景色と同色で線を描くことによって、線を消したことにする。

(4) 図の大きさの調整

線を描くときに一番問題になってくるのは、一人一人によって、線を描く大きさが違うということである。そこで、どんな大きさで描いても正解図と同じ大きさになるように、スケールリングを行う(図 7 参照)。

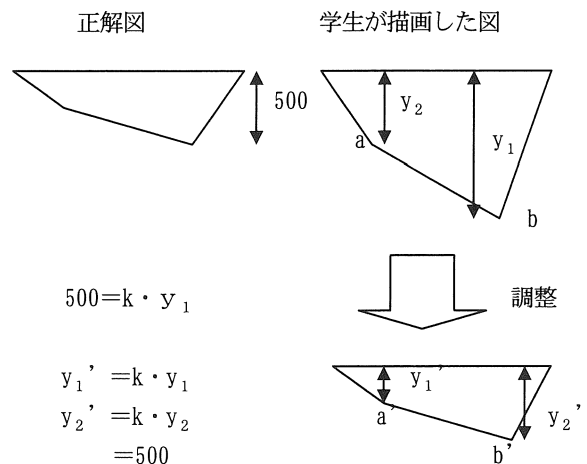


図 7 描画した図の調整

(5) 正誤判定の許容誤差

正誤判定の方法は、最大値を合わせて調整した後の各点の座標と、正解図の各点の座標を比較する。描画した図を調整しても、最大値以外の点が正解図の座標と一致しない。そこで、正解の点から±100 までを許容誤差の範囲内とし(図 8 参照)、マウスでクリックした点がすべて正解範囲にあれば、その図は正解になる。

曲線の場合、曲線部分を 10 分割して同様にチェックを行う。

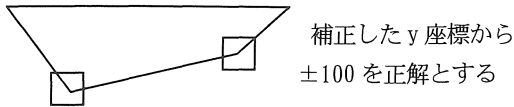


図 8 図の許容範囲

3.3.2 回答入力システム

これまで回答入力は、すべてキーボードから行っていた。しかしパソコンをほとんど使用しない学生からは、あまりキーボードを使用したくないという意見や、分数の答えが出た場合でも小数に直して入力しなければならなかったため、面倒くさいという意見があった。そこで、マウスのみを用いて回答を入力できるプログラムの作成を試みた。

(1) スクロールバーによる回答入力

図 9 に示すスクロールバーを画面上に用意し、スクロールバーの左右両端をマウスでクリックしたり、真中のバーコントロールを動かして、自分が入力したい値に合わせる。しかし、自分が入力したい値に近づいたとき、スクロールバーの両端を一回押すごとに値が 1 しか変わらないために、大きな値になったとき使いづらくなる。また、小数の判別をすることが出来ず、分数の対応が出来ない。よって、スクロールバーの使用は、回答入力には不向きである。

(2) 電卓ボタンによる回答入力

次に、図 10 に示す電卓のコマンドボタンによる回答の入力を試みた。電卓ボタンを用いた場合、自分が入力したい値を確実に入力できる。しかし、四則演算が出来てしまうと、計算を途中までノートに書いた後、電卓で計算することができてしまう。そのため、四則演算ができない電卓ボタンにする。

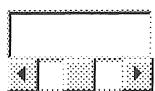


図 9 スクロールバー

値を入力できます		
clear		-
7	8	9
4	5	6
1	2	3
0		/

図 10 電卓画面

ただし、符号としての「-」と分数に必要な「/」は残しておく。なお、「-」key を押しても計算には使えないように、それまで入力した値をクリアさせて、符号として出力されるようにした。

この電卓ボタンの使用は、初めて使用する者にとっても、比較的使いやすいものと考えられるため、回答入力には、電卓ボタンを用いることにする。

3.3.3 Q 値・M 値の入力箇所

Q 値・M 値の入力の仕方についての取組みを以下に示す。

(1) すべての点の入力

図 11(a) に示すように、図を描いた際にすべての点の入力を行う。この場合、解答欄は 4 つ用意しておき、入力する順序は A 点から C 点に向かって入力していく。しかし、B 点には入力する点が 2 ヶ所あるため、どちらを先に入力すれば良いかわからないという意見がある。また、同じ値を繰り返し入力しなければならないため、面倒になってしまう。

(2) 値が変わる所でのみ入力

図 11(b) に示すように、Q または M の値が変わった所の点のみ入力させる。この場合、解答欄は 2 つ用意しておき、入力させる所の点に番号を書いて、その値を入力させる。

本プログラムでは、入力のしやすさと余計な部分を省くことを考え、(2) 値が変わる所でのみ入力を行うことにした。

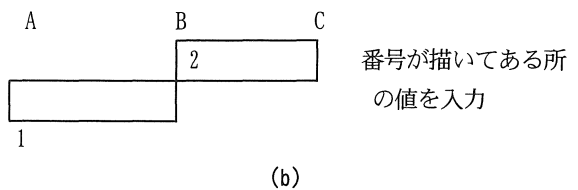
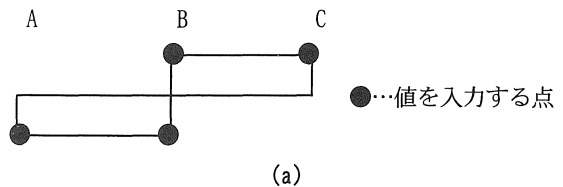


図 11 値を入力する点の場所

3.3.4 解説書の作成

学習者が、出題された問題に行き詰まり、解らなくなったときの手助けとして、類似した問題の解き方を書いた解説書を作成した。この解説書は、問題を解いている途中にいつでも見られるように「ヒント」ボタンにより画面上に表示される。解説書は、反力・QM を答えるときにそれぞれに対応したものを表示させる。なお、さらに分かりやすい表現が出来れば、その都度書き込んでいけるようになっている。

3.3.5 点数決定方法

1問の点数は10点満点としている。その配点は表5に示すとおりである。反力を間違えた場合は、間違えた所の反力とQ値・M値は0点になる。しかし、Q図・M図に関しては値を求めなくても、概形が分かって解けることもあるので、反力を間違えても図が正解すれば、得点を与えることにした。なお、途中で解説書を見た場合には、その問題の得点を半分にする。

表5 1問ごとの点数配分

	反力	Q図・M図	Q値・M値
単純ばり 張出ばり	RA, RB 各2点	各2点	各1点
片持ばり	—	各3点	各2点

3.4 成績データの活用

テスト形式、練習問題形式、M図概形練習問題のいずれの場合も問題を解き終わると、その問題に関するデータを保存する。保存するデータは、テスト形式と練習問題形式の場合、反力を間違えた回数、Q図・M図の正否、Q値・M値を間違えた回数、ヒントを見たかどうか、点数、時間、問題のデータと日付である。M図概形練習問題の場合、選択した回答と日付を保存させる。このデータは、図3の「成績を見る」のコマンドで、すぐに見ることができ、どのような問題が間違えやすいかを調べることが出来る。これを基礎データとして、授業で重点的に教えれば効果的であると考えられる。

4. CAI学習の実施とその考察

実際に「はりのQM」の中間試験を行う際には、過去問が欲しくても手に入らない学生と手に入る学生が出てくる。そこで、過去問によって勉強する学生と、作成したプログラムによるCAI学習の学生のグループをつくり、それぞれの学習を行った後、試験を行いCAIの効果調べる。

4.1 勉強会の実施

2000年度構造力学Ⅲ単位未修得者のうち12月再試受験63名を対象に、「はりのQM」のプレテストを行う。学習効果の比較を行うために、プレテストの平均点がCAI学習グループと過去問学習グループで同じになるように学生を振り分け、情報教育センターで勉強会を2回実施する。3回目の集合時にポストテストを行い、その結果を比較する。ポストテスト実施時にはM図概形問題も出題する。

なお今回、過去問学習者には、質問に対し個人指導的に答えて対応したが、CAI学習者には質問に応じていない。

4.2 試験結果

各学習対象者数は、CAI学習2回が18人、過去問による学習2回が16人、過去問による学習1回が14人であった。各

学習者のプレ・ポストテスト及びM図概形の平均点を表6に示す。プレ・ポストテスト、M図概形のいずれの場合も100点満点である。

表6 プレ・ポストテスト及びM図概形の平均点

学習方法 テスト	CAI学習 受講2回 (18名)	過去問学習 受講2回 (16名)	過去問学習 受講1回 (14名)
プレテスト	59.5	65.5	54.8
ポスト テスト	67.4	72.4	57.3
得点変化	+7.9	+6.9	+2.5
M図概形 (8問出題)	71.5	50.0	39.3

プレテストからポストテストへの点数の比較では、CAI学習と過去問学習を2回受講した場合、+7~8点の伸びを示している。しかし、過去問学習を1回しか受講していない場合は、わずかな上昇しかみられなかった。

M図概形問題に関しては、8問出題された中での正解数は、CAI学習の方が過去問学習より20%以上高く、CAI学習と過去問学習の差が顕著に表れた。

時間をかけて勉強をすれば点数が伸びることは当然のことであるが、CAI学習は、直接指導に近い学習と同様の効果があることが伺える。また、今回の勉強会では過去問を学生に与えたが、過去問などの資料を何も与えなかった場合はさらに点数の差が現われることが予想される。

4.3 アンケート結果

CAI学習を終えた者に対して、修了後にアンケートに答えてもらった。主な意見と対策および考察を以下に示す。

4.3.1 M図を描くことについて

良いという意見(12名)

- ・ 手軽に描けるのが良い
- ・ 特に難しくない
- ・ その場で答えが解るのでどこが違うかわかる
- ・ 直線が描けるし、曲線も難しいけど思ったけど通りに描ける
- ・ 楽で良かった
- ・ 直線、曲線が描けるので良い
- ・ 図を描くことによって理解が深まる
- ・ 実際に図を描くことによって覚えやすい
- ・ 図が汚くても修正してくれる
- ・ パソコンに初めて図を描いた
- ・ 概形を理解しやすくなる
- ・ うまく描けなくても、正解になるので良い

良くないという意見(6名)

- ・ 違っていても正解になるので、正解の許容範囲を小さくした方が良い
- ・ 曲線が間違っても正解になった
- ・ 曲線が少し描きにくい
- ・ 図がだいたい正解になるので違ったと思っても正解になる
- ・ 描き方を間違えると不正解になるのでどんな風に描いても正解になれば良い

という、良い悪いの両方の意見が出た。

これらの対策として、補助線を引けるようにして、正確に図を描かせて許容範囲を少し狭くした。

4.3.2 中間試験前の勉強を想定した場合

- ・ 簡単に QM を理解出来る
- ・ 基礎的なことが身につく
- ・ 普通に勉強するより楽しくでき、真剣にやれるから力がつく
- ・ 復習になった
- ・ 自分が理解できていない所が分かる
- ・ 基礎をしっかり復習できる
- ・ すぐに正誤判定が出来るので間違いがすぐでて分かりやすい
- ・ 短時間でいろいろな問題が出来るから
- ・ 忘れても復習になる
- ・ 図の概形が少し予想できるようになる
- ・ 自分が納得行くまで出来る
- ・ ゲーム感覚だから真剣になったり、クリアしたい気持ちになる
- ・ Q 図 M 図を描く練習になった
- ・ 正解になるまでやるからよい
- ・ いろんな問題が解ける
- ・ 楽しいから印象に残って覚えやすい

という意見があり、CAI は中間試験対策にも成り得ると考えられる。

4.3.3 改良したら良い点

・ 問題を解き終えた後、どうすればよいか分からないという意見に対し、プログラムを実行させているときに、問題を解いている途中、解き終えた後に関係なく、次に押せるボタンを限定した。

また、今回用いたプログラムは、学生に解かせる問題が自動的に発生していた。これに対し、

・ 解きたい問題だけをやれたらよい
という意見が出たので、自分の解きたい問題を解くことができる練習問題形式を作成した。以上の改良を踏まえた結果、最終的に図 3 に示す全体の概要が得られた。

4.3.4 学習会の感想

CAI 学習者

- ・ 少ない時間で QM の基礎の勉強ができて、楽しかった
- ・ 採点のとき、ドキドキ感があってよかった
- ・ ゲーム感覚でできるのが良かった
- ・ 点数がでるので、真剣にやれる
- ・ 以前やった QB より分かりやすくて良かった
- ・ 楽しんで勉強できた
- ・ 計算は紙に書いてやるのでかわらないが、解いた後すぐ判定できるのでやる気がでる
- ・ 図があっているかどうか分かるから良い
- ・ このプログラムを生徒全員が使えるになれば良い
- ・ 授業の雰囲気はいつもと違うので良い
- ・ 楽しんでできた。もう一度やりたい
- ・ 授業でやれば、集中して出来る
- ・ 中間テスト前に、コンピュータ学習をできたらよかった。ぜひやって欲しい
- ・ 短い時間でたくさん問題が出来るし、解答が分かるのがよい
- ・ 新鮮味があってよかった
- ・ パソコンだとやらされている気がしないので、楽しい
- ・ QM だけでなく単位荷重法とかもやれたらよい

という意見が見られたことから、CAI 学習は、学生の学習意欲を向上させることが明らかになった。

過去問学習者

- ・ CAI をやってみたかった
- ・ パソコンの方が取り組む意欲が出そう

と言う学生が何人かいたことから、来年度からの実用化が多いに期待できると考えられる。

4.4 実用化に向けて

本プログラムソフトは実行ファイル(拡張子: exe)を作成した場合、Windows95、Windows NT3.51 以降のバージョンにおいて、Microsoft Office95 以降がインストールされていれば、Visual Basic がなくても作動する。また、問題データなどを含めたプログラムの全容量は 7Mb である。それとは別に、学生の成績データ保存に必要な容量は、100 名に対し 5 Mb あれば十分である。

運営上の問題点として設備があげられるが、本学には情報教育センターの施設があるため、プログラムがあれば、誰でも使用することが可能である。

授業に使用するにあたっては、このプログラムソフトのテスト形式で STAGE4 まで合格すれば、期末テストで何らかの加点を行うと学習意欲の増加につながると思われる。いずれにせよ、この CAI 学習は学生にとって、いつでも自分のペースで「はりの QM」を完璧にマスターできる極めて有力なツールであることは間違いない。

5. 結論

構造力学において、もっとも基本となる「はりの QM」単元を、パソコンによって学習できるプログラムソフトの開発を行った。作成したプログラムを用いて学生に問題を解かせ、その時の意見をもとに改良を繰り返した。それによって得られた結論を以下に述べる。

1. Q 図・M 図を、マウスを使用することによって画面に線を引き、その正誤判定が可能となったため、単純ばりや片持ばりをはじめとする基本的な静定構造に関する、問題の作成から正誤判定に至るまでの一連の流れが、すべて可能となった。
2. CAI 学習では、友人同士で点数を競ったりして、楽しんで学力を向上させることが出来るため、学習意欲の向上につながる。
3. CAI 学習は、個人指導しながらの過去問学習と比較すると、点数の伸びがほぼ同じであり、「はりの QM」での CAI 学習は有効であることがわかった。また、M 図の概形問題では、CAI 学習は過去問学習に比べ、あきらかに点数が高く、有効である。
4. 授業での実用化に向けて、学生の抵抗が見られないため、早期実現が期待できる。

5. 今回、CAI 使用者が 18 名であったが、授業で 100 名以上に対して行えば、さらなる改良の指摘点が挙がることが予想され、プログラムのより一層の改良が期待できる。

謝辞：本研究では、本学土木工学科 4 年生の、水野豪君をはじめとする多くの方々に協力を頂いた。ここに感謝の意を深く表す。

参考文献

- 1) 芦葉浪久：CAI コースウェア作成技法、東京書籍、昭和 62 年
- 2) 青木徹彦：構造力学はりの断面力の CAI とその試行、工学教育、45 巻 2 号、平成 9 年 3 月、pp25～28
- 3) 吉田明弘、青木徹彦：パソコンによる構造力学演習自動学習システムの試み、平成 12 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集、平成 12 年 7 月、pp213～216
- 4) 豊田孝：Visual Basic5.0 ステップバイステップ、ASCII、平成 9 年
- 5) 河西朝雄：Visual Basic5.0 上級編、技術評論社、平成 10 年
- 6) 原田康平：Visual Basic プログラミング入門、牧野書店、平成 10 年

(受理 平成13年 3 月19日)