

I-5 択一式問題演習のためのCAI教材の開発と改良

Development of CAI teaching materials for multiple-choice type problems

○有光 郷司* 山崎 利文** 田中 修三*** 近津 博文****
 Satoshi Arimitsu Toshifumi Yamasaki Syuzou Tanaka Hirohumi Chikatsu

【抄録】

著者らは、これまでテキストベースでCAI教材を開発・利用してきた。しかし、テキストベースのCAI教材では図や表を用いた問題が出題できないという問題があった。そこで、充実してきたパソコンのマルチメディア環境を利用し、図や表、音声といった視覚的・聴覚的な新たなメディアを付加して、これまでのCAI教材の再構築を行い、土木工学分野での学習に利用した。また、教官への負担が大きかった択一式問題演習を学習者の自主性において行うことができるCAI教材を目指した。

本論文は、新たに付加したメディアを中心に教材の作成と利用の方法について述べる。

【Abstract】

We have been developing and utilizing text-based CAI teaching materials. Recent development of personal computer-related multimedia environment has made it possible to use figures and tables with ease along with text. We have used a personal computer-based multimedia environment for CAI study in the civil engineering field. We aimed at the creation of CAI teaching materials which would provide exercise and explanation of multiple-choice problems to enable independent study by students and reduce the workload of teachers.

In this report, we describe about the utilizing and developing method of the materials.

【キーワード】 CAI, マルチメディア, GUI

【Keywords】 Computer Assisted Instruction(CAI), Multi Media, Graphical User Interface(GUI)

1. はじめに

長引く不況で、各種民間企業への就職環境が悪化し、土木系学生の官庁志望がより一層高まりつつある。そのような状況の中で、高専においても例外ではなく官庁志望者が増加の傾向を示している。それらの官庁希望者に対し高知高専では、放課後などを利用して演習や採用一次試験のための資料を配布することなどを行っている。しかしながら、毎回決まった時間に出席を必要とする演習や資料の配布では、

そのときの学習者の意欲に大きく左右され、いつでも高い学習効果が得られるというわけではないのが実状である。また、講義や演習問題の作成・採点、資料の作成・配布による担当教官への負担も大きい。それらの負担を軽減すると共に、学生が自由な時間に学習を行え、学習進度も判定できる教材によって自学自習を推進させる必要があった。筆者らがこれまで開発してきたCAI (Computer Assisted Instruction) システム¹⁾は、テキストデータのみで構成

* 高知工業高等専門学校 土木工学科 第5学年

(〒783 高知県南国市物部乙200-1)

** 高知工業高等専門学校 土木工学科 助手 工修

Tel 0888-64-5591

*** 東洋大学工学部 土木工学科 助教授 工博

**** 東京電機大学理工学部 建設工学科 助教授 工博

される問題だけを取り扱う教材しか作成できないものであり、図や表を使用した問題が出題できないという問題があった。そのため、図や表が多用される公務員採用試験問題等の演習には実用上問題があり、その改善が望まれていた。また、近年のパソコンの急速なコストパフォーマンスの向上によって、学生の中にもパソコンを所有する者が増え、自宅での学習にもC A I教材が利用できる環境になりつつある。これらの要望や学生の学習環境の変化の中、本論文では、これまで開発、利用してきたテキストベースの択一式問題C A I教材に図や表、音声などの情報を付加し、それらのメディアを関連づけて利用することによって効果的な学習を行えるようなマルチメディア指向型のC A I教材として再構築を行い、その概要と利用法について報告する。

2. 制作および利用環境

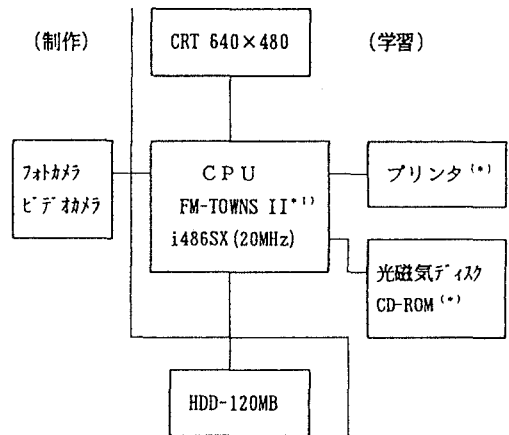
音声や画像などの情報を取り扱う上でもっとも問題となるのが記憶媒体である。これらのメディアに関連する情報は、非常に大容量の記憶媒体が必要となり、今までのようなフロッピーディスクでの利用は、実用上大いに問題がある。そこで本教材には、すでにかなり普及して比較的安全で購入することができ、しかも大容量の記憶媒体である光磁気ディスク(MO: Magneto Optical disk)を用いた。光磁気ディスク装置で用いられる光磁気ディスクは、簡単に脱着が可能な記憶媒体で、大きさもフロッピーディスクとほぼ同じサイズであり、フロッピーディスクのような手軽さで学習者に提供できる。そのため、学習者が自由に持ち運んで学習を行うことができる。

OSには、本体付属の「TOWNS-OS」^{*1)}を採用している。このOSは、MS-DOS^{*2)}のメモリ制限を受けず、ファイルはMS-DOS互換である。またG U I (Graphical User Interface)環境、および音声合成システムも整備されており、それらの環境を利用して、操作方法を画面表示や音声で指示すれば、C A I教材の操作方法についての学習を行うことなく視覚的、聴覚的にC A I教材を利用できる。本教材のように、学生が自宅で学習する際など異なるパソコンで使用されることが予測されるようなアプリケーションには、機種依存もなく、G U I環境も整備

されたMS-Windows^{*2)}を使用することが最適の利用環境であると思われるが、MS-Windows上でマルチメディア情報を利用したアプリケーションを開発できる環境は整備され始めたばかりで、まだ手軽に利用できるという状況ではない。また、本体購入時のそのままのシステムでマルチメディア情報を取り扱えるパソコンもそれほど多くない。ここではすでにマルチメディア情報を効率的に管理し、オーサリングシステムとしても十分実用に耐える機能を備えたソフトウェア環境を有するマルチメディアパソコンを用いた。

2-1 ハードウェア構成

本教材の制作及び運用に必要なハードウェア構成を図-1に示す。図-1の(制作)側に示されているハードウェアは教材の作成だけに必要なものであり学習時には必要ない。



(注) *のついているハードウェアはなくても学習できる。

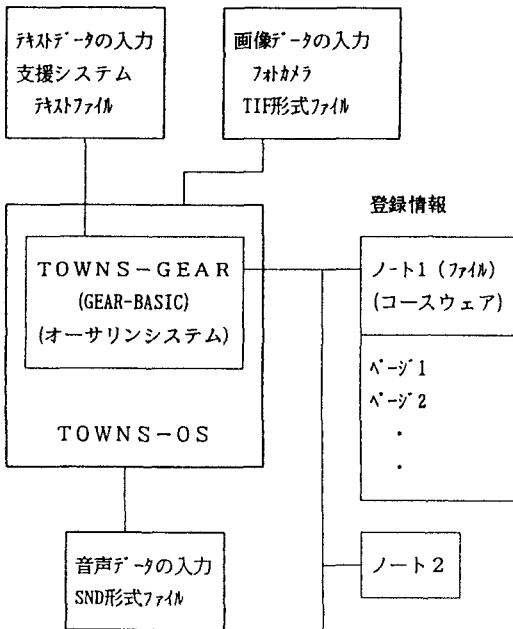
(図-1 ハードウェア構成)

2-2 ソフトウェア構成

本教材の開発および学習時に必要なソフトウェア構成を図-2に示す。「TOWNS-OS」・「TOWNS-GEAR」^{*1)}はともにパソコン本体に添付されているソフトウェアである。演習問題の出題や管理にはマルチメディア情報を効率的に管理することのできるオーサリングシステムとしての機能を有する「TOWNS-GEAR」およびそれに付属

の言語処理系「GEAR-BASIC」^{*)}を用いている。画像や音声データの入力には「TOWNS-OS」に付属しているビデオツール、サウンドツールを用いているが、テキストデータの入力にはより簡単に早く入力できる支援プログラムを開発し、そのプログラムを利用している。支援プログラムは、問題の入力だけでなく、学習記録の確認やペーパー式の演習問題の作成が行える。支援プログラムについては後述する。

の方法をとるにしても、記録されているデータを部品内に読み込んでページを形成することになる。本教材のようなドリル形式のCAI教材では、同じような画面フレームを多用するため、基本となるページを作成し、後はそのページの部品情報全部をコピーして順次変更を加えていくことによって、次々のページを作成することにした。以後教材の作成方法を順を追って説明する。



(図-2 ソフトウェア構成)

3. 教材の作成法

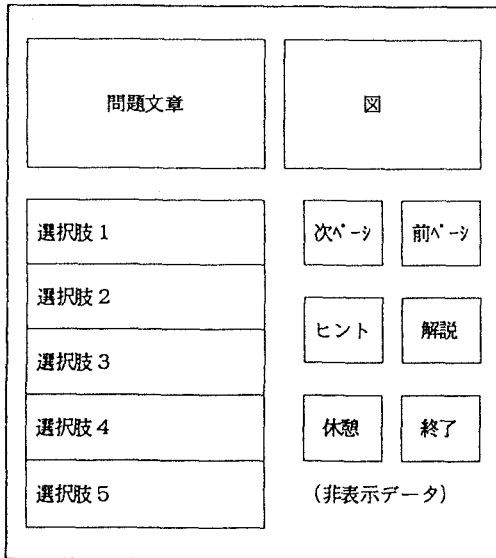
「TOWNS-GEAR」では、各種の情報は、ノートと呼ばれるファイルによって管理されている。ノートは、複数のページの集まりであり、CAI教材用の演習問題はページ単位で作成している。ページには部品と呼ばれる各種のメディア情報を管理する領域を容易に張り付けることができ、その領域の大きさは任意に変更できる。それら張り付けた領域のデータは、あらかじめノート内にセーブしておくのか、または外部ファイルをリンクするのかを設定できる。本教材では、問題データの汎用性も考慮し、すべて外部ファイルとして記録しているが、どちら

1) ドリル形式に必要な教材

過去に出題されている択一問題の形式は多様であり、CAI教材にするとなるといくつかの方法が考えられる。また、問題だけを出题するのではなく関連する知識や問題に対するヒントなども容易に検索することができなければ学習効率の向上は望まれない。そのために本教材の作成にあたっては、表-1のフィールド名に示すような項目を管理することにした。このほかにページに割り付けているデータではないが、出題状況を記録するためのファイルを作成している。このファイルには、学習回数と正解回数が記録され、間違った問題を優先的に出題するためや、支援プログラムが学習状況の確認を表示したりするのに使用している。

2) マスターページ的设计

まず、問題出題の基本となる画面フレームを持つページを作成しなければならない。本論文ではこの元となるページをマスターページと称することにする。すでに述べたように、本教材はこのマスターページの部品情報を継承したページの集まりから構成されることになる。マスターページは、問題出題ページのもの、解説ページのもの2つのページを制作することとなるが、マスターページをどのように設計するかは教材の操作性に大きく影響するため、学習者の利便性を十分考慮し、検討して行わなければならない。本論文では、これまでに出题されたことのある採用試験問題をいくつか入力し、問題文章や図・選択肢といったメディア情報領域の大きさを決定している。また、ボタンは画面右側に集中させ、操作性の向上をはかった。図-3に完成した画面構成の概略を示す。解説ページについては、解説文章を表示するだけであるので、ここでは省略する。



(図-3 マスターページの構成)

番号	フィールド名	形式	適 用
1	問題	テキスト	問題文章の表示
2	図	TIFF形式	図・表の表示
3	選択肢 1	テキスト	選択肢の表示・音声情報へのリンク
4	選択肢 2	テキスト	選択肢の表示・音声情報へのリンク
5	選択肢 3	テキスト	選択肢の表示・音声情報へのリンク
6	選択肢 4	テキスト	選択肢の表示・音声情報へのリンク
7	選択肢 5	テキスト	選択肢の表示・音声情報へのリンク
8	次ページ	ボタン	次のページへのリンク
9	前ページ	ボタン	前のページへのリンク
10	休憩	ボタン	休憩ページへのリンク
11	ヒント	ボタン	ヒントページへのリンク
12	解説	ボタン	解説ページへのリンク
13	終了	ボタン	学習の終了
14	正解	音声情報	正解メッセージの読み上げ
15	不正解	音声情報	不正解メッセージの読み上げ

(注) 14以降のフィールドは非表示に設定されており、学習者がみることはできない。

(表-1 問題ページの割り付け情報)

3) 各種データの入力・設定

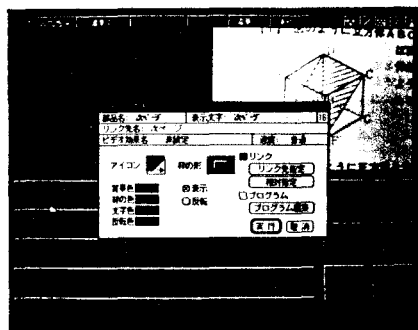
音声による指示を行う時や、休憩時に画像などを表示させるためには、あらかじめデータがノートに登録されている必要がある。本教材には、それらのデータを入力するための専用のページを設けており、そのページを使用すれば該当する部品に対し、簡単にデータを設定することができる。このページは学習者も使用することができるため、自分の好みでメッセージや休憩の時に表示される画像の変更が行える。

4) 問題の入力

マスターページが完成すれば、後はノートに新しくページを追加し、マスターページの部品情報をコピーして、該当するデータに変更を加えるだけでよい。部品情報のコピーは、編集機能を利用すれば簡単に行うことができるが、その際、リンク先の指定が必要なデータにはリンク情報を付加しておかなければならない。図-4は問題ページにリンク情報を

付加しているところである。問題の情報は、すべて外部ファイルとして登録するように設定しているため、その外部ファイルを管理する支援プログラムを別途に作成することによって、問題入力の効率化を図っている。

以上の手順で演習用の教材を制作することができる。問題の入力は、4)の作業を繰り返し実行することによって行うことができるが、4)は時間のかかる作業であり、支援プログラムを使用したとしても1題入力するのに約5分程度かかってしまう。しかし、学習環境の充実といった観点からみると、もっとも重要な作業でもある。1問題あたり、平均120キロバイトの記憶領域が必要であるから、現在使用しているタイプの光磁気ディスク(128MB)であれば1枚あたり1000題程度の記録が可能である。現在200題程度の問題を入力し終えているが、これから順次問題を入力し、利用環境の充実を図っていく予定である。



(図-4 リンク情報の付加)

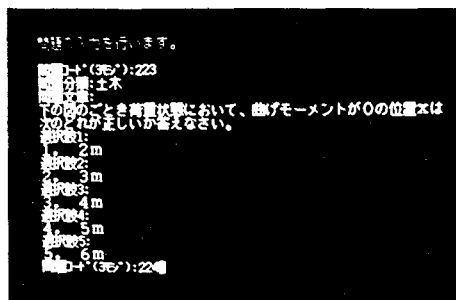
4. 教材の利用法

4-1 支援プログラムの利用

支援プログラムは、CAI教材の利用による演習を効率化するものではなく、教材の作成者・管理者に対する負担を軽減することを目的としたプログラムである。CAI教材を利用する学習者を対象としたプログラムではないため、GUIなどの高度なユーザーインターフェイスは持っていない。また支援プログラムは、画像や音声などテキストデータ以外のメディア情報を管理できない。しかしながら、問題の入力や演習問題の作成、学習進度の判定などはテキストベースの処理がほとんどであるため、実際の運用には、それほどの問題はないと考えられる。なお、この支援プログラムは、MS-DOSベースのソフトウェアではあるが、C言語で記述しており異機種間での移植も容易に行える。以下に支援プログラムの利用法について示す。

1) 問題の入力

必要なデータの入力が終了すれば次の項目の入力を求めるという対話形式により、問題の入力を行う。図-5は問題の入力状況である。ここで入力されたデータは、CAI教材のファイル形式にあわせて、それぞれの項目別にファイルを分割し記録が行われる。支援プログラムでは、表-1で示した項目のほか、問題番号とその分類を入力しなければならない。これらのデータは、学習状況を表示する際に利用される。画像や音声などのメディア情報は、支援



(図-5 問題の入力状況)

プログラムでは管理することができないので、それらのメディアに関係するリンク設定を行うことはできない。そのため、これらのメディア情報に関しては、「TOWNS-GEAR」を用いてリンク設定を行わなければならない。

2) 演習問題の作成

入力された問題は、CAI教材として演習に用いられるだけでなく、この支援プログラムを用いることにより、ペーパー式の問題演習にも使用することができるようになる。ペーパー式の問題演習の問題は、問題数を指定することによって任意に抽出され、問題用紙の形式にあわせてテキストファイルとして出力される。問題作成者は、出力されたファイルをワープロソフトなどで形成し、図や表のデータの記録されているファイルをリンクさせるか、いったん出力した問題用紙に、あらかじめ準備しておいた表・図のデータを張り付けることによって演習問題を作成することができる。そのため、問題を入力するという手間が省け、演習問題の作成に関するかなりの負担減が期待される。この機能によって作成された問題が、図-6である。

3) 学習状況の表示

CAI教材の利用によって出題された問題は、学習回数と正解回数がファイルに記録されている。支援プログラムでは、記録されたデータを参照して、問題ごと、または分類別の正解率を表示することができる。問題ごとの正解率を出力したのが図-7である。さらにこのモードでは、先に示した2)と同

じ方法で、正解率の悪い問題から順にペーパー式の演習問題を作成することもでき、正解率の悪い問題を重点的に出題することもできる。

4-2 CAI教材の利用法

本教材は学習者が問題を反復演習して理解を定着させるためのドリル形式の教材であって、問題の理解を助けるチュートリアル式の教材ではないから、利用に当たってはある程度関連知識の学習を行ってからのほうが望ましい。利用に当たっての手順を示すと次の通りである。

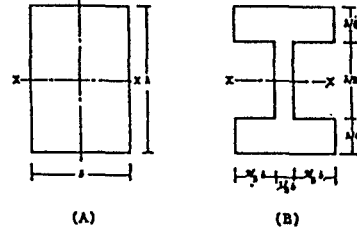
1) 予備学習を行う

問題にはそれぞれの解説が付属しており、解説を読んで関連知識を学習し、演習を進めていくことも可能ではあるが、関連することがらを一括して学習することはできないので、あらかじめ、ある程度の予備学習を行ってから使用することが、学習効率を上げる近道である。

問題(135)

下図に示す(A)、(B)断面の重心X-Xに関する断面二次モーメントをそれぞれIA、IBとするとときIB/IAの値は、次のうちどれか。

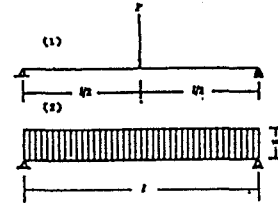
1. 0.90
2. 0.86
3. 0.80
4. 0.75
5. 0.72



問題(136)

下図の図(1)の荷重が $P = wl$ ならば(1)と(2)図の最大曲げモーメントの比はどれが正しいか。

1. 1 : 1
2. 1 : 1/2
3. 1 : 2
4. 1 : 1/4
5. 1 : 3



(図-6 問題の出力図)

面となるので、そのまま学習を始めればよい。やめたい場合には「終了」をクリックすればいつでも終了することができる。本教材ではこのノートファイルを学習者に対して提供することになる。

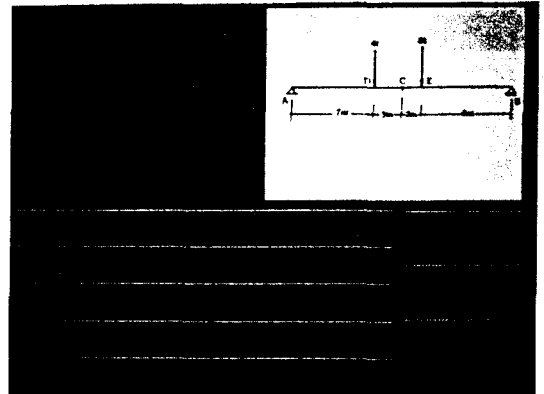
問題番号	問題分類	出題回数	正解回数	正解率
201	社会学	10	6	0.60
202	社会学	10	8	0.80
203	社会学	10	7	0.70
204	社会学	10	6	0.60
205	社会学	10	4	0.40
206	社会学	11	5	0.45
207	社会学	11	8	0.73
208	社会学	13	6	0.46
209	社会学	12	8	0.67
210	哲学	13	10	0.77
211	哲学	12	10	0.83
212	哲学	13	11	0.85
213	哲学	10	8	0.80
214	哲学	8	6	0.75
215	哲学	7	5	0.71
216	哲学	10	6	0.60
217	哲学	13	8	0.62
218	哲学	8	6	0.75
219	哲学	8	3	0.38
220	哲学	11	6	0.55

どれかのキーを押してください

(図-7 問題の回答状況の表示)

2) ノートを選択する

「TOWNS-GEAR」から、公務員と書かれたノートを選択する。選択すると図-8のような画



(図-8 学習画面)

3) 解答を選ぶ

問題が表示されれば、正しいと思われる選択肢をクリックする。正解であれば、正解であるという音声メッセージを再生した後、次の問題に移るが、間違っていた場合には、間違いであるという音声メッセージを再生した後、その問題の解説が表示される。「ヒント」には、解答は書かれていないが、正解に関係する事柄が記録されているので、それらのヒントを参照してから解答することもできる。次の問題や、前の問題に移りたいときには、それぞれ「次ページ」「前ページ」をクリックすればよい。

4) 休憩をとる

学習の途中で休憩をとりたいときには「休憩」をクリックする。画面にはあらかじめ設定されている画像が表示され、CDプレイヤーが作動し、演奏が始まる。再び学習に戻るには、「学習に戻る」をクリックすればよい。高い集中力で長時間学習を続けることは不可能であり、適度に休憩機能を使用して、リフレッシュを繰り返しながら学習を続ければ、結果として時間当たりの学習効率は向上するものと考えられる。

5) 学習をやめる

学習をやめたいときには、「終了」をクリックする。CAI教材が終了され、「TOWNS-GEAR」の目次に処理が移る。学習状況の記録は、問題を解答するごとに随時行われているので、いつ終了してもなんら差し障りない。

以上のような操作で、本教材が利用できる。キーボードの使用は一切なく、マウスによる操作のみですべての機能が利用できる。また、ボタンには適切な日本語表示を行っているため、CAI教材の操作に関する学習はほとんど必要ないであろうと思われる。そのため、学習者は問題に対する解答のみに集中することができる。

4-3 教材の利用による効果

本教材の利用によってどの程度の効果が得られるのか、高知高専の学生に実際に使用してもらうことによって、次のような方法で実験を行った。利用してもらう期間が短かったため、CAI教材の利用による成果をどの程度反映しているかはわからないが、おおむね次のような結果が得られた。

1) 実験方法

学習者に問題集を用いる方法と、CAI教材を用いる方法でそれぞれ一定時間を与え、学習をってもらう。時間が経過した時点で学習をやめてもらい、演習に使用したものと同様の問題でテストを行う。学習者1人に、問題集を用いる方法とCAI教材を用いる方法の2種類の実験を行ってもらうわけであるが、それぞれの方法で出題する問題は関連の薄いものであり、どちらの学習方法を先に実験したからといって結果に与える影響は少ないと思われるが、ここでは、問題集を用いる方法を先に行うグループと、CAI教材を用いる方法を先に行うグループに分け、それぞれのグループを同じ人数にすることによって、実験結果に与える影響が小さくなるように配慮した。なお、表-2に示されている数値は、各学習者の平均正解率である。

2) 実験結果

1) のような実験方法を用いて表-2のような成果が得られた。

学習者	CAI	問題集	学習者	CAI	問題集
A	0.73	0.65	F	0.63	0.51
B	0.64	0.53	G	0.95	0.92
C	0.89	0.72	H	0.58	0.65
D	0.67	0.76	I	0.77	0.70
E	0.80	0.75	J	0.82	0.75

(表-2 CAI教材の使用と問題集の学習による差異)

5. まとめ

5-1 CAI教材の発展性

本論文において作成したCAI教材は、演習のみを対象としたドリル形式のCAI教材であり、フレーム形式の完全なCAI教材とはいいがたい状況にある。そのため、演習に入る前に必要なことを学習できるチュートリアル形式のCAI教材の整備が必要である。それら2つの形式のCAI教材をどのように関連づけ、学習者に提供すべきかは検討中であるが、参考書などの予備学習の代用となるような機能を持ったチュートリアル形式のCAI教材と、現在整備を進めているドリル形式のCAI教材をバランスよく組み合わせたいCAI教材が望ましいであろう。また、現段階では支援プログラムはテキストベースの項目しか処理できないが、管理者の利用の便宜性を考え、画像や音声などのメディア情報を管理できるようにする必要があると考えている。また、MS-Windowsでの開発環境が整備されれば、より汎用性をもたせる意味においても、本教材のMS-Windowsベースへの移植が必要であると考えている。

5-2 教材の導入による効果

本教材の利用により、公務員採用一次試験問題演習を行う上での担当者への負担は通常の問題演習をはじめ、テスト形式の演習を含め大いに軽減されたものと思われる。また、学習者もまちがえた問題はその場で解説を読んで理解を深めること (instant feedback) ができ、それらのまちがえた問題が重点的に出題されるようにすることもあってより効果的な学習が行えるものと期待される。本教材は制作されたばかりで、その利用によってどの程度の効果があるのかはまだ未知数であるが、リアルタイム・繰り返し学習による学習効率の向上は、実験に協力してくれた学生からも高い評価を得ており、簡単な実験ながら4-3の結果からも確認済みである。休憩機能を利用し、長時間使用するのであれば、その効果はさらに高まるであろうと思われる。現在は順次問題を整備し、利用環境の向上をはかっている。

5-3 教材の利用提供

本教材は、学習者に教材を提供する際の利便性を第一に考え、光磁気ディスクを使用して開発を進め

ている。光磁気ディスクは、脱着が可能な大容量記憶媒体であり、比較的安価に学習者にCAI教材を提供することができる。現在、教材はもっとも普及している128MBのタイプを使用しているが、提供する問題の増加によりさらに大容量な光磁気ディスクまたはCD-ROMへの移行も考えている。CD-ROMは学習者が新たに追加書き込みを行うことはできないため、学習成果の記録等のためにフロッピーディスクなどの追加書き込みが可能な記憶媒体が必要とはなるが、大量にプレスすることによって、光磁気ディスクよりも安価に提供することができるようになるであろう。

なお本研究は、平成5年度高専教育改善経費にて購入したパソコンを使用して行った。

最後に、この教材の開発にあたり、問題の入力、演習、評価に協力してくれた、高知高専土木工学科5年生の清水一君、前田哲宏君に感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 山崎利文：択一式問題を対象としたCAIシステムの構築について、第14回土木情報システムソフトウェア講演集、pp.205-212, 1989
- 2) 富士通株式会社編：TOWNS-GEARテクノロジー、富士通株式会社、1992
- 3) 芦葉浪久：CAIソフトウェア作成技法、東京書籍、1987
- 4) 大澤文孝、野々村竈猫：マルチメディアI/O, pp.31-45. 工学社、1994-3

*1) 富士通株式会社の製品

*2) Microsoft社の製品