

択一式問題を対象としたC A I システム の構築について

高知工業高等専門学校 正員 山崎 利文

1. ま え が き

土木系学科の学生にとって、公務員は魅力ある職業の一つであり、どの学校の土木系学科でも、卒業後、公務員になるものが、クラスの何割かを占めている。最近、公務員採用試験対策が、正規の演習科目の中でも取り上げられ、模擬試験形式で演習が行われているのが、現状である。演習問題の多くは、問題集や過去の受験者の受験報告書等から作成されるが、演習問題の作成労力や演習の実施・採点に費やされる時間は、担当教官・教員にとってかなりの負担であり、蓄積された出題の再編集も容易ではない。

本論文は、これらの現状を踏まえ、公務員を目指す学生が、パーソナルコンピュータを利用して、自学自習できる、択一式問題を対象としたC A I (Computer Assisted Instruction) システムを、リレーショナル型のデータベース管理システムを用いて開発を試み、構築法について検討を行なった。また、多数市販されているカード型のデータベース管理システムのひとつに対しても移植を試みた。

2. システム開発の考え方

このシステムの開発にあたって、演習問題データの効率のよい入力法、管理、運用を図るため、できるだけデータベース管理システムの持つ、ファイル管理機能を引き出すことに着眼した。これにより、プログラミングの省力化が図れ、市販システムの汎用性を利用し、幅広い応用が可能であると考えた。

3. システムの分析

3-1 出題形式とシステム化

公務員の採用試験の一次試験のほとんどは、4者または、5者択一式である。通常公務員試験の問題を出題する場合、選択肢を用意するスペースを必要とするため、問題数の割にスペースを要するが、解答およびその採点は、選択番号のみが対象となるので、問題解答から採点までの作業が機械的であることから、C A I システムを構築する上で、たいへん扱い易い対象である。

3-2 演習問題の蓄積

対話形式によって学習者に出題していく上で、コンピュータに演習問題を蓄積し出題するには、ファイルの保守管理・検索機能の優れているデータベース管理システムを利用するのが最適であると考え、これを用いた。ことにパソコン用データベース管理システム(D B M S ;Data Base Manegiment System) では、アプリケーション開発言語(A D L ;Application Development Laungage) を備えたリレーショナル型データベース管理システムが、高い汎用性と優れた開発環境を持ち、主流となっている。

4. システム開発

4-1 開発環境

本システムは、次の開発環境のもとで開発した。

- (1) ハードウェア 16ビットパーソナルコンピュータ PC286V-H20^{*1}
- (2) ソフトウェア OS MS-DOS[®] V3.1^{*2}
 リレーショナル型DBMS 「R:BASE-PRO V2.1^{*3}」／カード型DBMS 「DATUM^{*4}」

4-2 システムの特徴

- (1) 演習は、対話式で進めることができ、データベースの知識がなく、パソコンの使い方に詳しくなくても使えるように配慮した対話形式を採用した。
- (2) このシステムでは、演習問題の作成、演習、採点、誤解答に対するアドバイス、過去に行われた演習者の解答履歴一覧表示をメニュー選択によって行なうことができる。
- (3) MS-DOS標準テキスト形式をサポートしているので、蓄積された演習問題をワープロを介して通常行われる模擬試験に再編成が容易である。

4-3 システムの開発方法

システム開発は、RBASE-PRO の持っているアプリケーション開発言語で行なった。R:BASEには、プログラム開発を支援するための「アプリケーションEXPRESS（プログラム自動作成機能）」という対話型機能とコマンド実行にあたっての「PROMPT」という対話型機能があり、これらを用いて、プログラム開発を行なった。プログラム自動作成機能を用いると、対話が終了すると同時に、応用プログラムの骨格ができあがり、テキストファイルとして、登録される。これをエディタで加工し、細部をプログラミングする。コマンドに「PROMPT」を付加することにより、コマンドに対話機能が付く。この方法で、プログラムを作成した結果、BASIC などファイル管理に強力でない言語にくらべ、プログラムステップと開発時間が、経験上10分の1程度に軽減されたと考える。このような、アプリケーションシステムの作成を行なうにあたって、支援機能は、最近のリレーショナル型のデータベース管理システムの多くが持っており、アプリケーションの作成方法としては、一般的になっているといえる。

4-4 システム開発技法

本システムの開発にあたり、次のような技法を用いた。

- (1) 演習の実施、採点、アドバイス、試験実績の処理のすべてをデータベースファイルの上で管理することとした。特に試験成績を統計処理して、別ファイルに格納する以外は、図-1に示すように定義した一つのファイルのデータとして一元管理する。このことは、強力なリレーショナル機能をもたないカード型データベースを用いても構築が容易であると考えた。
- (2) 特に検索対象とならない「設問」や「選択肢」の項目は、ここでは、ノートタイプと呼ばれる可変長

のデータ形式をとった。これにより、演習問題のスペースが、不揃いであっても、極力ファイル容量を少なくすることができる。

(3) 1つのファイルにまとめられた演習用データに対して、問題入力用画面、演習用画面、解説用画面をそれぞれ作成し、利用者のニーズにあわせて使いわけることとした。まず、問題入力用画では、データベースファイルの全データに対して編集を行なうことができ、いわばオーナー利用者としての利用ができる。演習用画面では、演習の問題とその選択肢を閲覧し、「解答」の項目（属性）のところのみ書き込みができるようになっていて、その他のデータの書き込みは、許可しない。

(4) (3) のところで述べた演習によって、「解答」の項目のところに書き込まれた選択肢番号と予め問題入力用画面で作成した「正解」の項目の正解番号をデータベースの機能がもつ検索機能によって演習数と正解数をカウントする。このフローをまとめると、

- a) 演習前にデータベースファイルの「解答」の項目をクリアする。数値項目であれば、「0（ゼロ）」文字項目であれば「ヌル」とする。
- b) 演習者の演習希望によって出題範囲を決め、演習者はコンピュータが出題した演習用画面によって、「解答」の項目に選択番号を書き込む。
- c) 採点は、演習数をカウントする。つまり、「解答」の項目が、「0」、または、「ヌル」でないデータ（レコード数）をカウント、次に項目内のデータが、「正解」＝「解答」となるデータ数をカウントすることによって、正解数／解答数として採点できる。
正解数をカウントするプログラム（コマンド）を、例としてあげると、

COMPUTE COUNT 正解 FROM 公務員 WHERE 正解 EQA 解答
件数カウント カラム名 テーブル名 条件指定（正解＝解答）

のみで処理できる。

- d) 採点と同時に演習成績を採点集計用項目に書き込む。

テーブル名：公務員				
検索パスワード：No				
変更パスワード：No				
カラム				
#	名前	タイプ	長さ	索引 式
1	問題番号	INTEGER		
2	分類	TEXT	8 文字	
3	設問	NOTE		
4	選択肢 1	NOTE		
5	選択肢 2	NOTE		
6	選択肢 3	NOTE		
7	選択肢 4	NOTE		
8	選択肢 5	NOTE		
9	正解	TEXT	1 文字	
10	解説	NOTE		
11	出題実績	TEXT	16 文字	
12	登録日	TEXT	8 文字	
13	解答	TEXT	1 文字	
14	判定	TEXT	4 文字	
15	演習累計	INTEGER		
16	誤答累計	INTEGER		
17	正答率	REAL		
データ件数： 80				

比較判定

登録

図－1 演習問題データベースファイルの定義と演習における解答処理

4-5 システムの利用法

- (1) このシステムは、図-2に示すメニュー画面から利用が始まる。
- (2) 図-2に示す(1)または、(2)の番号を選択することにより、無差別あるいは分野別の問題を選択して演習を行なう。演習は、内部時計による乱数を用いたランダムな演習と問題番号順の演習ができるようにした。
- (3) 図-3は、演習用画面で、ここでは、解答欄に選択した番号のみが入力できる。
また、図-2の(3)を選ぶと、コンピュータが自動採点して学習者のディスクに採点結果をMS-DOSのテキストファイルとして転送するので、ワープロやエディタで見ることができる。同時に試験結果の解答履歴を演習問題の蓄積されたデータベースファイルに添付して統計処理を行なう。
- (4) 図-4は、演習問題データの追加・修正を行なうための画面であり図-2の(7)を押すことによってこの画面になる。図-4の画面は、このシステムのためのデータ入力画面であるが、データベース管理システムの持つ入力様式作成機能で簡単に作成できる。
- (5) 図-5は、誤解答に対する学習者への演習解説のための表示を行なうための画面で図-2の(4)を押すことによって、学習者の行なった演習問題の結果に基づいて表示される。
- (6) 図-6に採点結果の一例を、図-7に解答履歴の検索例を示す。学習者は、この解答履歴をみて誤答しやすい問題を分析することができる。データベース上に蓄積した演習問題を図-3に示した書式で用紙に出力できるので、パソコン上で、演習を行なうだけでなく、多数の学生に一齐に演習させる場合、蓄積された演習問題を選定し、出力することによって通常の模擬試験問題としても使用でき、出題作業の省力化に大いに役立つと考えられる。

公務員採用試験 C A I システム V1.0 1989.3 高知高専	
(1)	無差別演習
(2)	分野別演習
(3)	採点処理
(4)	問題解説
(5)	問題分析 (出題傾向の統計処理)
(6)	解答分析 (誤答問題の統計処理)
(7)	問題の保守 (追加・修正・削除)
(8)	補助処理
(9)	システム終了

図-2 メインメニュー画面

問題	1	水平面上に重さWの物体を置き、水平方向に物体を引くとき、引く力をいくら以上にすると物体は滑り出すか。ただし、物体と面の間の静止摩擦係数
(物理)		数を0.5とする
(1)	0	
(2)	$W/5$	
(3)	$W/2$	
(4)	W	
(5)	$2W$	
解答(3)		出題実績 (-0-)

図-3 演習用画面

公務員試験問題データ入力修正画面

問題番号	25	分類	コンクリート	登録日	89/03/12
設問	次の説明で、正しいものはどれか。		1	水セメント比説とは、コンクリートの強度は、主として水/セメントの比に反比例するという説である。	
			2	コンクリートは、水を加えるとスランフは大きくなり、施工しやすくなるが、強度は落ちる。	
			3	AE剤を入れるとコンクリートの強度は多少低くなるが、スランフは大きくなり、施工し易くなる。	
解説	AE剤を添加すると、ワーカビリティが改善され、強度は若干低下する。		4	かぶりとは、コンクリートの表面からこれに最も近い鉄筋の中心までの距離をいう。	
			5	鉄筋とコンクリートの熱膨張率の比は相当違うので、温度変化の大きいとき、コンクリートは破壊し易い。	
正解			3	出題実績	-0-

図－4 演習問題入力修正画面

***** (演習問題の解説) *****

問題

27

原子核は、(A)と(B)からできている。(A)の数はその元素原子番号に等しく(A)の数と(B)の数の(C)をその原子(原子核)の質量数という。A,B,Cはつ(化学)きのどれか。

<解説>

陽子の数が原子番号に当たり、質量数が陽子と中性子の数を加えたものであることを知っていれば、容易に正解できる。

解答(3)

正解(2)

判定(誤解)

過去正答率%(60.)

(1 / 2) ↓

選択肢一覧へ

出題実績 (-0-)

(2 / 2) ↑ 演習問題の解説へ *** 選択肢 ***

(1)

A. 電子

B. 陽子

C. 和

(2)

A. 陽子

B. 中性子

C. 和

(3)

A. 中性子

B. 電子

C. 差

(4)

A. 陽子

B. 電子

C. 差

(5)

A. 中性子

B. 陽子

C. 和

図－5 演習解説画面

4-5 カード型データベースへの移植

構築を試みたシステムから、カード型データベースへのデータの移植は、双方で持っているMS-DOS標準テキストファイルへの変換機能を介して行なうのが、一般的な方法である。使用した2つのデータベースの場合は、標準テキストに出力する並びと標準テキストから入力するデータの並びと形式（固定長か可変長か）、データタイプ（数値か文字か）さえ注意すれば、極めて簡単にデータの移植が行えた。

カード型のデータベース管理システムでは、通常処理メニューが固定されているので、データベース上でオリジナルの処理を開発することはできないようになっている。

しかし、データベースを操作する上で、盛り沢山の処理機能をもっているので、添付のマニュアルに従い、使い方を覚えることによって、初心者でも多種多様の利用法を簡単に見つけられることが少なくない。

また、開発言語を主体としたリレーショナル型のデータベースシステムに比べ、システム自体が小さいので、フロッピーベースのシステムで、作動するものが多く、利用環境は、広い。

多くのカード型データベース管理システムは、単一ファイル処理であるが、最近簡単なリレーショナル処理（ファイル間操作）ができるようになっているものもでてきており、一般的には、リレーショナルデータベース管理システムより、利用者が多い。

今回用いたカード型のデータベース管理システムでは、独自メニューによる処理ができないのと、ファイル利用者に対する処理制限ができない他は、リレーショナル型データベースで開発した機能とほぼ同様な処理ができることが、判明した。

氏名 高専太郎 89/03/20 演習回数 2 回目

問題番号	分類	解答	正解	判定
1	構造	3	3	正解
2	構造	4	2	誤解
3	構造	1	1	正解
4	構造	5	5	正解
5	構造	3	3	正解
6	構造	2	4	誤解
7	構造	1	1	正解
8	構造	1	2	誤解
9	構造	5	5	正解
10	構造	2	4	誤解

解答 件数= 10

正解 件数= 6

ただ今の模擬試験の成績は、60 点です。

任意のキーを押してください

図 - 6 採点結果の一例

問題番号	分類	演習累計	誤答累計
1	構造	3	0
2	構造	3	1
3	構造	4	1
4	構造	2	0
5	構造	3	0
6	構造	3	3
7	構造	5	1
8	構造	3	1
9	構造	3	0
10	構造	4	4

任意のキーを押してください

図 - 7 解答履歴

5. 結 論

5-1 システム構築法に関するまとめ

本論文で、用いた方法のようにデータベース上で全て処理を対象とした対話形式システムの構築を考えた場合、次のようなことが言える。

- (1) 演習問題のデータの登録・修正・削除そして検索機能を利用した採点をすべてデータベース管理システムが持つ機能を利用するので、システム構築の省力化が図れる。
- (2) データベースに知識がない人を対象としたシステムを構築するときには、データベース管理システムが持つ、ADL機能によってアプリケーションプログラムを作成する必要があるが、プログラム作成支援システムを利用することによって、システム開発が容易である。
- (3) ADLを持たないカード型では、データベースファイルの定義と演習問題の蓄積のみで、システム構築は、完成するが、利用者にデータベースの知識と個々のソフトウェアの利用法の習熟が要求されることになるので、利用マニュアルの完備も必要である。
- (4) データベース管理システムでは、次のような機能が必須となる。
 - (a) ひとつのデータベースファイル上で、検索し比較を行ない、その結果に従って、項目に値(数値でも文字でも可)を代入できること。
 - (b) データベースファイルに対して、入力用画面が作成でき、入力データの書き込み制限ができること。
 - (c) 採点結果について、リレーショナル操作のひとつである「射影」ができ、その射影されたファイルを条件によって、集計する機能を持つこと。

5-2 利用法に関するまとめ

- (1) 本システムは、学生の自学自習を促進するためのCAIシステムとして考えたが、出題者のための「演習問題作成編集支援システム」としての性格も強い。
- (2) 今回用いたリレーショナル型データベース管理システムは、システム容量が膨大でハードディスクの利用を必須としているため、ハードディスクを持たないパソコンを用いて多数の学生に利用させることを考えると、フロッピーディスクのみで利用できるカード型データベースに移植すれば、利用環境も広がり、学習者自らがデータベースの検索法も経験できることから、演習とコンピュータ利用教育の相乗効果も期待できる。
- (3) このシステムを利用して学習した学生の意見をまとめると、
 - (a) 演習終了後、即時採点と問題解説が見られるので学習効率がよい。

- (b) 学習者の成績が蓄積されていくので、自己分析が容易である。
- (c) 問題の入力方法は、簡単であるが、入力には、手間がかかる。
- (d) 図を参照することができないので、特に、構造力学、物理学の分野の出題が限定される。文系の問題に適している。
- (e) 数式表現も弱い。

などである。

6. 将来課題

本システムは、データベースの性格上、文字、数値を扱う演習問題に適しており、これらを対象として開発したが、公務員採用試験問題には、図の参照を必要とするものも多数あり、現状では、ディスク容量、問題作成労力を考慮すると、図を参照を必須とする演習問題の対応は難しい。ハードディスクの容量がさらに大容量化し、イメージスキャナなどを用いて入力された図形データのデータベース化が容易になれば、将来実用的になるであろう。

システムの作動確認用に現在、一般教養、専門あわせて公務員試験1回分の80問題を入力しているが、学習者の便を図り、実用的な演習問題数を考えると、1MBフロッピーディスク1枚に1000題程度必要ではないかと考える。

また、個別に利用されるシステムとしては、本システムのような利用体系で十分であると思われるが、全体的な教育効果を考えた場合、LANシステム上で稼働するシステムとしての利用体系がぜひ必要であり、LAN対応への構築も考えたい。

- * 1 PC286V-H20は、エプソンの製品。
- * 2 MS-DOS[®]は、マイクロソフト社の登録商標。
- * 3 R:BASE-PROは、マイクロリム社の製品で日本での販売権は、ビーコンシステム(株)が所有。
- * 4 DATUMは、(株)コマスの製品。

<参考文献>

(1) 藤本幸徳

「リレーショナルデータベースを利用したコンクリートに関する文献情報システムの開発」

昭和63年度高知工業高等専門学校土木工学科卒業論文

(2) ビーコンシステム「R:BASE-PROコマンドリファレンス」 1989年1月

「R:BASE-PROユーザーズマニュアル」 1989年1月

「R:BASE-PROアプリケーションガイド」 1989年1月

「R:BASE-PROラーニングガイド」 1989年1月

「R:BASE-PROユーティリティガイド」 1989年1月

(3) 日経PB社 「日経パソコン(データベース特集)」 1988年1月25日号

<謝辞>このシステムの開発にあたり、データ作成、演習、評価に協力して下さった、高知高専土木工学科5年生の長山功君に感謝の意を表します。