

択一問題集による自学自習システムの開発*

程

鵬†

【あらまし】 近年パソコンをはじめインターネットの急速な普及に伴い、e-Learningという言葉に象徴されるように情報技術を活用した学習・教育システムの構築に関する研究が盛んに行なわれている。そこで本研究では、一般的にその有効性がよく認められている、択一問題集を用いた学習方法を着目にし、択一問題集の問題を巧みに組み合わせることで活用することにより学習効果をさらに高めようとする自学自習システムの開発を試みた。

本稿は、この開発した択一問題集による自学自習システムの設計手法、および、択一問題集による効果的な学習方法を論ずるものである。とりわけ利用者の学習要求を満たすように択一問題集の問題を巧みに組み合わせることで出題；解答群の解答の表示順番をランダムに組み替えた出題問題を反復解答；適切な学習アドバイスを利用者へ提示；利用者の能力を評価；分野によらず択一問題集があればこのシステムを利用可能（いわゆる、システムの汎用性）、等々はこのシステムの特徴である。

【キーワード】 e-Learning, 自学自習システム, 学習方法, 択一問題, 組み合わせ

1. まえがき

OS Windows 95が登場してから、パソコンの普及が急速に進んでおり、とりわけ近年インターネット技術をはじめ情報処理技術の進歩により、ネットワークの普及が拡大し、社会全体は高度なIT環境を整えつつある。このような高度情報化社会では、ITを活用することにより仕事の効率化を図るのは自然な流れである。それゆえ、様々な分野においてITの活用方法に関する研究が盛んに行われている^[2]。教育分野においてもこの高度なIT環境を最大限に生かしてよりよい学習・教育効果が得られるよう、種々の方策が議論されている。その中、e-Learningに代表されるように多種多様な学習・教育システムが開発されている^{[1] [3] [4]}。

学習システムの理論と実現に関する様々な

研究^[6]が知られているが、択一問題集を用いた学習方法の有効性も一般的に認められている。とは、いろいろな分野の資格試験問題に択一問題がよく見られるように、専門知識(用語、概念、原理、仕組みなど)に対する理解度のテスト手法としては択一問題が利用されているからである。最近、教育現場において択一問題集の活用による効果的な学習方法に注目を浴び、ITによりこの学習方法をさらに進化させるという試み^[5]が報告されている。[5]の自学自習システムでは、種々の択一問題集をインターネットに登録しておき、次のような学習方法を提供している。学習利用者は、インターネット上で学習したい問題集を選んで出題(学習)開始を指示すると問題集の問題がランダムか順次で解答画面に出題される。そして解答画面で出題されたテスト問題を解いて採点を指示するとテスト結果が表示される。

一方、IT環境をどう生かして学習・教育システムを構築できるかを考案する際に、まずIT環境の特徴を徹底的に理解する必要がある。

* 本稿は2005年度の名古屋学院大学研究奨励金による研究成果の一部である。

† 名古屋学院大学商学部 (cheng@ngu.ac.jp)

ITの進歩に伴い、IT環境の特徴が少しずつ変わってゆくが、これまでに知られている主な特徴としては、①処理の速さ、②巨大な情報の蓄積と共有、③利用時間の自由、④物理的な距離の短縮、⑤情報の表現力などを列挙できる。当然のことだが、これ以外、未だ知られていないITの特徴が存在すると思われる。利用価値あるような、ITの未知な特徴を探求することは興味深い研究課題である。そこで本研究では、紙の媒体と違って、情報機器（コンピュータなど）を活用すると目的に応じて情報（すなわち、問題）を簡単に組み合わせる利用することができるというITの特徴を着目し、この特徴を最大限に生かして択一問題集による効果的な学習補助システムの開発を試みた。

本稿は、本研究を通して開発した「択一問題集による自学自習システム」の設計手法、および、択一問題集活用法とITの融合よりもたらした効果的な学習手法を論ずるものである。とりわけ、①学習利用者の要求を満たすように択一問題集から問題（以下、テスト問題という）を巧みに組み合わせる出題する、②解答群の解答の表示順番をランダムに組み替えて提示したテスト問題を反復解答する、③学習状況（すなわち、学習データ）を処理することにより学習アドバイスを学習利用者に提供する、④さらに学習利用者の持っている能力を適正に評価するということはこの自学自習システムの特徴である。上記の以外に、表計算ソフトMicrosoft Excelをベースにして開発したため、ネットワーク環境でなく、パソコンのみで利用できることと、択一問題集が特定の分野に限らず、どの分野でも対応できること（システムの汎用性）ともこの自学自習システムの特徴になる。

本稿の残りは次の通り構成される。2.では、この自学自習システムの設計目標および基本構

成を簡潔に述べ、特にデータ構造の定義を詳細に記述する。そして3.～5.では、この自学自習システムを構成する各サブシステムの設計手法を説明するとともに、択一問題集活用法とITの融合による効果的な学習方法、および、能力評価に関する手法を論ずる。最後に6.では、この自学自習システムの設計手法の特徴などをまとめると同時に、この自学自習システムをさらに発展させるために解決する必要となる研究課題を提起しておく。

2. システムの基本設計

2.1 システム開発の目標

択一問題集を活用した学習方法の有効性が一般的によく認められているが、実際に予想通りの学習効果が本当に得られるかに対し、正確に解答することがそう簡単ではない。とは、その有効性がその学習過程における様々な要素によって左右されるためである。その中で最も重要な要素の一つは使用する問題集の質のことである。すなわち、その問題を解くと確かな学習の成果が得られるような問題集を利用しないとこの学習方法が成り立たないのである。よって以下の議論では、学習効果が得られるような択一問題集（以下、効果的な問題集という）があると前提する。

次は、効果的な問題集があっても、それをうまく活用しないと学習の効果をそれほど高めないと考えられる。すなわち、問題集をうまく活用できるかによって学習効果が違ってくるといってもよい。効果的な問題集の活用法が種々考案される。例えば、学習要求を満たすような問題集の問題らを種々組み合わせて作ったテスト出題を学習させることや、解答群の解答の表示順番をいろいろとランダムに組み替えて提示

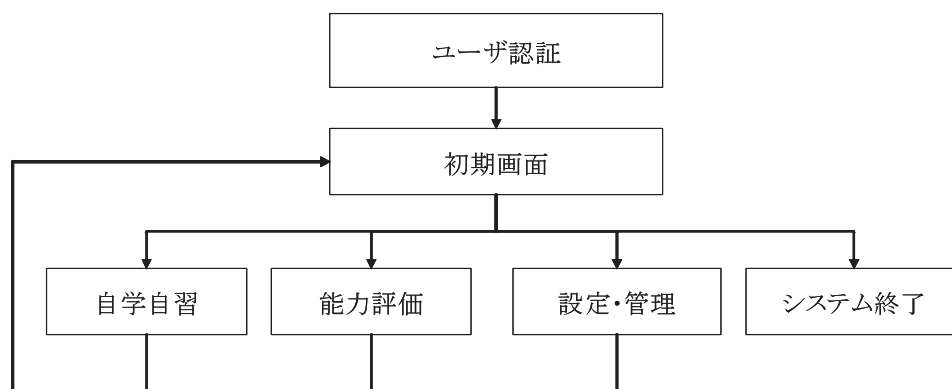


図1 択一問題集による自学自習システムの基本構成

した同じテスト問題を反復解答させることなどが問題集の有効な活用法として考えられる。すなわち、これらの活用法を導入すると学習の効果を向上させる可能性があると思われる。

そこで本研究開発では、学習利用者の出題要求を満たすような種々の問題の組み合わせ方を巧みに活用すること（組み合わせの出題）と、解答群の解答の表示順番をランダムに組み替えて提示した同じ問題を反復解答させること（反復学習）を基本機能とし、さらによりよい効果的な学習を得ようとする有効な学習アドバイスの提供や、学習利用者の能力評価などをサポート機能としてもつ学習補助システムを情報機器（コンピュータなど）によって実現した。システム開発の目標は、この学習補助システムを利用すると短時間で学習利用者の能力をアップさせることである。また、個人もしくは少人数グループが同一の択一問題集を使用して学習することを前提としてシステム開発を行うのである。以下、この学習補助システムを択一問題集による自学自習システムという。

2.2 システムの基本構成

今回は、この「択一問題集による自学自習システム」が表計算ソフト Microsoft Excelをベ-

スにして開発された。この自学自習システムは VBA マクロとユーザフォーム画面（例えば、図2, 11, 13-15, 17, 18など）よりなる一つの Excel ブック（ファイル）である。すなわち、この Excel ブックをクリックするとこの自学自習システムを起動する。

この自学自習システムは、ネットワーク環境ではなく、スタンドアローン（stand alone）環境で利用するものとして開発された。このスタンドアローン環境を選んだ素朴な理由はいま現在利用されているパソコンの多くに表計算ソフト Microsoft Excelがインストールされてあるからだ。また、このシステム開発の目的（個人、もしくは、少人数の専用）から見てネットワークでなくても、十分に目的を達成できると考えられるからである。

この自学自習システムは「ユーザ認証」、「自学自習」、「能力評価」、「設定・管理」との4つのサブシステムから構成される（図1参照）。

学習利用者ごとでその学習データを管理するためには「ユーザ認証」サブシステム（すなわち、機能）が導入され、学習利用者がユーザIDとパスワードをシステムに登録し、ユーザIDとパスワードによってシステムに入って学習するという利用方式が採用される。なお、この



図2 択一問題集による自学自習システムの初期画面

IDコード	問題本文	解答A	解答B	解答C	解答D	解答E	正解	作成日	難易度	解説
-------	------	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	----

図3 問題集の基本ファイルの構成項目

「ユーザ管理」機能は図1の「ユーザ認証」にあたる部分である。

学習利用者はこの自学自習システムの初期画面(図2参照)で「自学自習」,「能力評価」,「設定・管理」ボタンをクリックすると各サブシステムに入る。また,「システム終了」ボタンをクリックするとシステム全体の終了になる。

2.3 データ構造

データ構造は情報システムの設計において最も重要な部分の一つである。この節では, この自学自習システムに採用された, コンピュータ内部での問題集および学習利用者データの表現方式(すなわち, データ構造)について詳細に記述する。

◆択一問題集

択一問題集は一つの基本ファイル(図3参照)と, 問題の各難易度の一つずつ対応する複数の属性ファイル(図4参照)から構成される。

択一問題が【IDコード】, 【問題本文】, 【解答群】, 【正解】, 【作成日】, 【難易度】, 【解説】, 【キーワード】, 【利用回数】, 【正解回数】, 【最新利用日付】という複数の項目によって表現さ

れ, これらの項目が2つのグループに分けられ, それぞれ基本ファイルと属性ファイルに保存される。

基本ファイルの各構成項目(フィールド)は次の通りである。

【IDコード】 6桁の英数字から構成される。問題を識別するために使用する。6桁のため, 100万以上の問題までに対応できるから十分だと思われる。

【問題本文】 問題を記述するには使用する。ただし, 解答群を含まない。

【解答群】 5択問題を扱うため, 5つの解答A～Eを記憶する項目である。

【正解】 問題の正解を記憶する項目である。採点や学習などのときに使用する。

【作成日】 問題集に入力した日付を記録する。

【難易度】 問題の難しさを表すために設計した項目であり, 難易度1が一番やさしい, 難易度5が一番難しいとし, 難易度が上がるにつれて難しくなると定義する。

【解説】 問題の内容・解答に関する解説を記述するために用意したものである。学習のときに役に立つ情報でもある。

ID コード	キーワード1	キーワード2	キーワード3	選択 状況	利用 回数	正解 回数	最新 利用日付
--------	--------	--------	--------	----------	----------	----------	------------

図4 問題集の属性ファイルの構成項目

ID コード	問題本文	解答A	解答B	解答C	解答D	解答E	正解	利用者 解答	難易度	解説
--------	------	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----------	-----	----

図5 出題ファイルの構成項目

属性ファイルの各構成項目は次の通りである。

【IDコード】 基本ファイルと同じ。

【キーワード】 問題が属すべき領域や分野を細かく記すために設計したものである。基本的には各問題にキーワードを3個まで付け、出題や利用者の能力評価などを行うときに利用する。

【選択状況】 出題のときに使用する。つまり、出題するときすでにこの問題が選択されているかを表すために導入したものである。出題アルゴリズムに利用される項目であり、問題の属性項目ではない。

【利用回数】 問題がテスト問題として選ばれた回数を記録するための項目である。問題の難易度の更新などの際に使われる。すなわち、問題の利用状況を記す項目である。

【正解回数】 利用回数と同じように、正解回数を記録する項目である。

【最新利用日付】 最後に利用した日付を記録するための項目である。

択一問題集は基本ファイル、複数の属性ファイル（難易度ごと）をそれぞれワークシート1枚に作成して保存される。一つの択一問題は基本ファイルの一つのレコード（1行）、および、その問題の難易度に対応する属性ファイルの一つのレコードに保存（表現）される。Excelのワークシートには行数が65,000以上利用でき

るため、少なくとも65,000個の問題をもつ問題集は使用可能である。

◆テスト問題と毎回テスト成績データ

この自学自習システムでは、学習利用者の出題要求に基づいて問題集よりテスト問題を解答画面（付録図17）に出題し、学習利用者の解答に対する採点を行ない、その採点結果、各問題の解答結果とその解説などを学習画面（付録図18）に表示し、学習画面でそれを閲覧して学習するという学習方式を採用している。この学習過程を実現するために、幾つかの中間生成データを保存するためのファイルが必要となる。また、これらのデータは学習アドバイスの決定、学習利用者の能力評価、択一問題集の管理などを行う際に利用される。

まずテスト問題を保存するために出題ファイル（図5参照）がワークシート1枚に作成され、出題した各問題のレコードを保存する。また、出題ファイルは解答、採点、学習などのときに利用される。

次は、毎回の学習利用者のテスト成績（データ）を記録するための中間ファイルを用意する。毎回のテスト結果において、テストの点数のみではなく、キーワードごとに関するテスト成績（データ）をキーワード学習成績ファイル（図6参照）に記録する。このファイルはワークシート1枚に作られ、レコードの具体的作り方は次

キーワード	難易度	利用回数	正解回数	出題IDコードリスト
-------	-----	------	------	------------

図6 キーワード学習成績ファイルの構成項目

テスト初級			テスト中級			テスト上級			自己設定		
点数	設問数	日付	点数	設問数	日付	点数	設問数	日付	点数	設問数	日付

図7 学習データ：全テスト成績ファイル（すべてのテスト成績）の構成項目

	難易度1		難易度2		難易度3		難易度4		難易度5	
キーワード	正解回数	出題回数	正解回数	出題回数	正解回数	出題回数	正解回数	出題回数	正解回数	出題回数

図8 学習データ：全キーワード成績ファイル（すべてのキーワードのテスト成績）の構成項目

の通りである。

一つのキーワードが各難易度の問題に含まれるため、このファイルのレコードの個数は、キーワードとその難易度を組み合わせて得たペア数になる。例えば、ある問題は、難易度が3で、3つのキーワード：X, Y, Zを持つとすると、3つのレコード：[X, 3, *, *, *], [Y, 3, *, *, *], [Z, 3, *, *, *] が作られる。また、キーワードXを持つ、難易度が1, 2, 4, 5であるような問題があるならば、5つのレコード：[X, 1, *, *, *], [X, 2, *, *, *], [X, 4, *, *, *], [X, 5, *, *, *] が作られる。

テスト問題の中にこのように同じレコードが得られるような問題の数を【利用回数】とし、そのうち学習利用者のテスト解答が正解となる問題の数を【正解回数】とする。つまり、利用回数と正解回数はこの（キーワード、難易度）に関する学習状況を表す学習成績データになる。また、【出題IDコードリスト】にこの（キーワード、難易度）ペアを持つ出題問題のすべてのIDコードのリストを記入する。

この自学自習システムでは、あらかじめキー

ワード成績ファイル（すなわち、ワークシート）にあらゆる（キーワード、難易度）ペアにレコードを用意し、【利用回数】、【正解回数】、【出題IDコードリスト】を空にしておく（初期化）。実際、出題するとき問題集から選んだ出題問題に基づいて【利用回数】と【出題IDコードリスト】に該当する問題数とIDコードを記入し、テストの採点を行うときその正解回数を【正解回数】に記入する。

◆学習データ

各学習利用者に個人専用の学習データを記録しておく。学習データは学習利用者の毎回テスト成績のことであり、主に学習利用者の能力評価に利用される。この自学自習システムでは、毎回のテスト成績とキーワードごとの成績をそれぞれ全テスト成績ファイル（図7参照）と全キーワード成績ファイル（図8参照）に保存しておく。

各学習利用者に全テスト成績ファイル（ワークシート1枚）と全キーワード成績ファイル（ワークシート1枚）を利用者のシステム登録のときに用意し、その以後、学習利用者の毎回

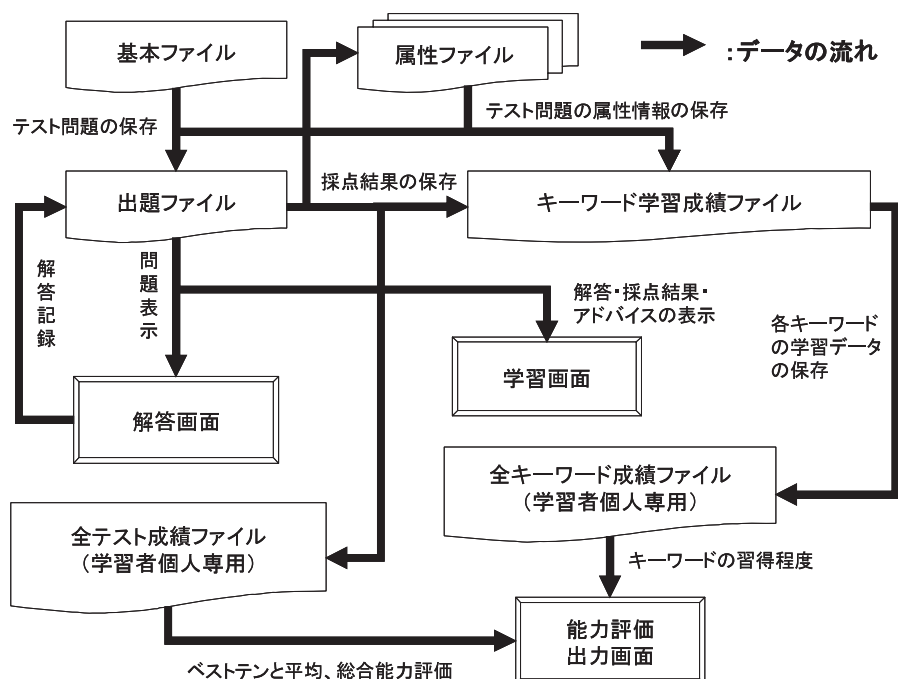


図9 択一問題集による自学自習システムの主なデータの流れ

学習で生じたデータをすべて記録しておく。

全テスト成績ファイルには、毎回のテスト成績をテストレベルで分けて記録し、全キーワード成績ファイルにはキーワードごとのテスト成績を記録しておく。

一つのExcelブックに利用できるワークシートの枚数が限られているため、実際は一つのExcelブックに登録できる利用者数が制限されることになる。ただし、多数者が利用したい場合、Excelブックの本数を増やすことによって対応できるため、これはシステム上の弱点だとは考えにくい。

なお、この自学自習システムの主なデータの
流れが図9に示されている。

3. 自學自習

この章では、「自学習」サブシステムの機能とその設計方法を述べると同時に、ITによって択一問題集活用法とITの融合による効果的な学習方法を論ずる。具体的にいうと出題要求の記述方法、出題要求を満たすような出題方法(以下、出題アルゴリズムという)、効果的な学習を実現するための適切な学習アドバイス方法等々について議論する。

3.1 「自学自習」サブシステムの基本構成

図10に示しているように「自学自習」サブシステムは次のような学習方法を提供するものである。学習利用者から指示した出題要求を満たすように択一問題集からテスト問題をランダムに解答画面(付録図17)に出題する。そして、学習利用者が解答画面で解答を行い、解答終了

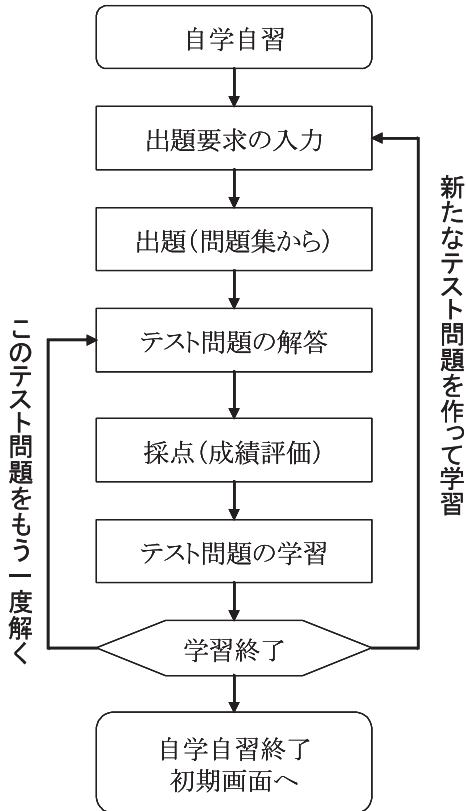


図10 「自学自習」サブシステムの基本構成

の指示を出す。するとコンピュータが自動採点に入り、採点の結果（成績評価）、学習アドバイスなどを学習画面（付録図18）に表示する。学習利用者が学習画面で自分の解答と正解、問題の解説などを確認しながら学習を行ない、学

習アドバイスを参考にして次の学習にゆく。

さらによりよい学習効果が得られるように、次のような学習サポート機能を提供する。テスト問題をうまく解答できなかった場合、このテスト問題を学習してからもう一度解くことができるように、このテスト問題を完璧に解答（理解）できるまでに反復学習ができる。一方、テストの結果が良ければ次に新しいテスト問題の出題要求によって新しいテスト問題を出題して学習する。いわゆる、能力アップ学習ができる。また、反復学習か、能力アップ学習に行くかとの学習アドバイスは、システムが学習利用者の学習データに基づいて状況判断を行ない、学習利用者に提示する。

3.2 出題要求の表現方法

出題要求の表現方法が種々考案される。この自学自習システムでは、学習利用者に提供する出題要求（図11参照）がキーワード、テストレベル、設問数との3要素から構成される。

キーワードでの選択内容は「一般」と「指定」の2つとし、キーワードに対する要求のないときに「一般」を選び、指定したキーワードの問題を学習したいときに「指定」を選んでキーワードリストから具体的なキーワードを指定する。

テストレベルはテスト問題全体の難易度を表

図11 「出題要求設定」画面

すために導入され、初級、中級、上級、自己設定との4レベルを選ぶことができる。特に自己設定を選んだ場合、その各難易度問題の出題割合を学習利用者自身が決めることは可能になる。これは多様なテストレベルの学習に対応できるようにするために導入したものである。

設問数は、5問から5問ずつ増やして得たすべての整数値(60問まで)を選ぶことができる。

3.3 出題アルゴリズム

出題要求を満たすようなテスト問題の作成ができるかは学習効果を高めるための最も重要なポイントになる。この節では、この自学自習システムに使用された出題アルゴリズムについて述べる。

この出題アルゴリズムの基本的な考え方は、テストレベルにおける各難易度問題の出題割合(表1参照)に基づいてランダムに問題集からテスト問題を選ぶのである。この出題割合基準表はあらかじめワークシートに作成しておく。

出題アルゴリズムの具体的な手順は次の通りである。

【出題アルゴリズム】

<入力> キーワード、テストレベル、設問数(すなわち、学習利用者からの出題要求)

<出力> テスト問題(出題要求を満たす)

(1) テストレベルと設問数によって各難易度の出題数を表1に基づいて算出し、整数にする；

(2) 指定したキーワードを満たすように問題集から各難易度の出題数の問題をランダムに選んで出題ファイルに記憶する；

(3) 最後に(1)で整数化したときや、(2)でキーワードを満たす出題数の問題がないときに生じた設問数の不足になった場合、ほかの問題を用いてその不足分の問題を補足に出題し、終了する。

表1に示している各難易度問題の出題割合はあくまでも一つの例である。使用する問題集の分野によって出題割合の基準(数値)が異なると想定されるため、この提案している出題アルゴリズムはこのような出題割合の変化に対応できる。つまり、表1に示している出題割合さえを決めておけばこの出題アルゴリズムによって出題できる。また、出題要求を構成する各項目の内容を変更したり、追加したりしてもこの出題アルゴリズムも対応できる。すなわち、キーワードの個数と内容、テストレベルの種類、設問数などを追加、変更してもこの出題アルゴリズムによって出題可能になる。例えば、この提案した出題アルゴリズムにおいて、表1の行を追加することによりテストレベルの種類を簡単に増やすことができる。

テストレベルの種類に加えて、さらに種々のテスト難易度と設問数を組み合わせて利用すると、学習利用者には多種多様な出題要求の表現を提供できる。このように出題要求の選択余地

表1 各難易度問題の出題割合基準

テストレベル	難易度1	難易度2	難易度3	難易度4	難易度5
初級	40%	30%	20%	10%	0%
中級	10%	25%	30%	25%	10%
上級	0%	10%	30%	30%	30%
自己設定	***	***	***	***	***

表2 アドバイスを決めるための基準

実施回数	今回点数	平均点数	アドバイス	学習方法
無条件	無条件	60点以下	解説などを利用してよく学習してからこのテスト問題を再度解いてみてください	反復学習
無条件	80点以下	61～80点	学習してこのテスト問題に再度挑戦してみてください	同上
無条件	81点以上	61～80点	同じレベルのテスト問題を新たに出题し、学習してください	同上
6回以上	無条件	81点以上	同上	同上
5回以内	無条件	81点以上	1つ上のレベルのテスト問題を出题し、挑戦してみてください	能力アップ学習
3回以内	無条件	90点以上	同上	同上
2回	無条件	95点以上	同上	同上
1回	100点	100点	同上	同上

を広げることによって更なる学習効果を期待することができるかと一般的に考えられる。

3.4 学習アドバイス

3.1で述べた学習過程において、もう一度解くか、新しいテスト問題に挑戦するか、さらに新しいテスト問題に挑戦する場合にどのレベルの問題を挑戦すればよいか、等々に関する適切な学習アドバイスがシステムから得られると学習効果が一層アップされると予想される。

この自学自習システムでは、あらかじめ設定した基準（表2参照）に基づいて利用者の学習状況に対する判断を行い、学習利用者に適切な学習アドバイスを提供する。

一般的にはこのような基準の決め方が種々考案される。ここで採用している学習アドバイスの方法は、今回出題したテスト問題を実施する回数における成績の平均値を基本基準とし、さらにこの実施回数やただいま実施したテスト成績を加えて総合的に学習利用者の学習状況（あるいは、能力）を判断する方法である。

具体的な処理方法は、あらかじめこの基準（表2）をワークシートに作成しておき、テスト問題の解答に対する採点を行った後、学習利用者の成績（平均点数）を表2の平均点数、今回点数、実施回数に照らし合わせて学習アドバイスを決める方法である。

毎回のテストを終えたとき、採点（処理）にこの学習アドバイスを決める処理を加えて、さらに毎回のテスト成績（点数など）を全テスト成績ファイル（図7）に保存し、決めた学習アドバイスと今回点数ともを学習画面に明示するという処理は行なわれる。これらの処理は「自学自習」サブシステム（図10）の「採点（成績評価）」部分に含まれる。

なお、「自学自習」サブシステム（図10）の「自学自習終了」処理としては、今回自学自習システムに入ってから発生したキーワードに関する学習データ（すなわち、キーワード学習成績ファイル（図6））を全キーワード成績ファイル（図8）に記録するのである。

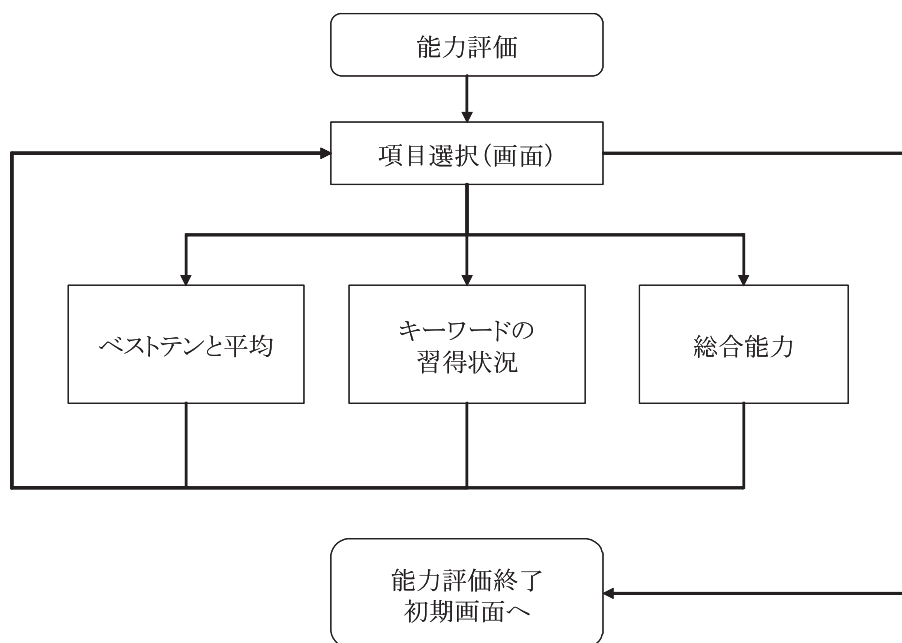


図 12 「能力評価」サブシステムの基本構成

4. 学習利用者における能力評価

3.4節では、「自学自習」サブシステムに入ってから学習するときに適切な学習アドバイスを学習利用者に提供するということを述べた。学習アドバイスと違って、この章では、これまでの全学習データ(全テスト成績ファイル, 全キーワード成績ファイル)に基づき、学習利用者がいま現在持っている能力を総合的に評価し、学習利用者に提示する方法について述べる。

この自学自習システムでは、このような学習利用者の能力を評価するサブシステムを「能力評価」サブシステムという。学習利用者はこれを利用すると自分の能力を知ることができるのみならず、この情報はこれから有効な学習計画を立てる際には大変役立つものだと考えられる。

「能力評価」サブシステム(図12参照)には、「ベストテンと平均(点数)」, 「キーワードの習

得状況(分野の強さ)」, 「総合能力」との3つの評価機能がある。

4.1 ベストテンと平均

学習利用者の毎回のテスト成績(すなわち、学習成績)を全テスト成績ファイル(図7)に記録してある。これらの成績データをテスト問題のレベル(すなわち、テスト初級、テスト中級、テスト上級、自己設定)に分けて保存しているため、学習利用者の要求に応じてこれまでの学習成績のベストテンと平均(点数)をテストレベルごとで算出して出力画面に表示することは可能である。

この自学自習システムは、テストレベルに応じてこれまでのベストテンの成績(点数)や全体成績の平均値(図13参照)を学習利用者に示す機能を提供する。

学習利用者はこのような情報をよく利用するため、要求の都度で全テスト成績ファイルの

ベストテンと平均

学習利用者: user00@hotmail.com

テストレベル: 中級

実施回数: 16 回

平均点数: 70 点

閉じる

ベストテン

	点 数	設問数	日 付
1 位	85	20	2007/03/10
2 位	80	20	2007/03/10
3 位	80	10	2007/02/15
4 位	75	20	2007/03/10
5 位	75	20	2007/02/10
6 位	70	20	2007/02/10
7 位	70	10	2007/02/10
8 位	70	10	2007/02/21
9 位	65	20	2007/02/21
10 位	65	20	2007/01/10

図 13 「ベストテンと平均」画面

データを並べ替えると処理時間がかかる。このため、この自学自習システムで採用する処理方法は、学習のときに毎回のテスト成績を全テスト成績ファイルに保存する際に、点数のよい順に成績データを保存しておくとともに、これまでのテストの実施回数と平均点数ともを次の計算方法で算出して記録しておく。

$$\text{平均値} \leftarrow \frac{\text{平均値} \times \text{実施回数} + \text{今回テスト点数}}{\text{実施回数} + 1}$$

$$\text{実施回数} \leftarrow \text{実施回数} + 1$$

4.2 キーワードにおける習得状況

各キーワードにおける学習利用者の習得状況（すなわち、習得程度の情報）は、次の学習計画を立案する際に大変役立つものだと考えられる。前章で記述したように、全キーワード成績ファイルには学習利用者のこれまでの学習データを蓄積してある。この全キーワード成績ファ

イルを利用すると各キーワードに関する学習利用者の習得情報を調べることができる。

問題集にはキーワードが数多く付けられるため、習得程度を分かりやすく表示するには、数値より言葉を用いたほうが分かりやすいと思われる。そこで、この自学自習システムでは表3に示している評価方法を用いる。

具体的な処理方法は、あらかじめ習得程度の評価基準（表3参照）をワークシートに作成しておき、学習利用者の指定した難易度に従い、全キーワード成績ファイル（図8）より正解回数 ÷ 出題回数の割合を計算し、それをもって表

表3 キーワードの習得程度の評価基準

学習成績	取得程度
80%以上	優良
60%～80%	普通
60%以下	不可

キーワードの習得状況			【学習利用者】
難易度：中級			user00@hotmail.com
キーワード	成績(点)	習得程度	
インターネット	82	優良	閉じる
システム設計	75	普通	
専門用語	70	普通	
プログラミング	61	普通	
操作	85	優良	

図 14 「キーワードの習得状況」画面

表 4 総合能力の評価基準

テストレベル	平均点数	重み	得点
テスト初級	***	10%	平均点数×重み
テスト中級	***	30%	平均点数×重み
テスト上級	***	50%	平均点数×重み
自己設定	***	10%	平均点数×重み
得点合計			***

3の学習成績に照らし合わせて習得程度を決めるという処理手順である。この手順に従って評価した各キーワードの学習程度を「キーワードの習得状況」画面(図14参照)に出力する。キーワードには難易度が付けられているため、難易度ごとの各キーワードの習得程度の情報を提供するのである。

なお、習得程度の表記をさらに細かく設定しても、表3の行数(習得程度の表記の個数)を追加し、上記の処理手順を変えなくても対応できる。また、この部分は図12のキーワードの習得状況にあたる。

4.3 総合能力

学習利用者は問題集の知識をどのくらい習得できているかを知りたい場合がよくある。このため、問題集の問題をどのくらい解けるかを示す指標を、ここで学習利用者の総合能力といい、

表4に示している重み付けの計算方法で算出した得点合計と定義する。言い換えれば、この総合能力は学習利用者の全体の学習成績(すなわち、全テスト成績ファイル(図7))に基づいて算出された得点の合計のことである。

ここで採用する処理方法は次の通りである。あらかじめ各種のテストの平均点数に対する重み(表4参照)を決めてワークシートに保存しておく。学習利用者からの要求があれば、その学習利用者の全テスト成績ファイルより各種のテストの平均点数(***)を見つけ、それぞれの平均点数と重みを掛け算し、計算した各種のテストの得点を合計した結果(得点合計)を総合能力(図15参照)として出力する。

一般的に平均点数における重みの設定は問題集の分野によって一律とは限られないが、この自学自習システムでは、各種のテストの成績(平均点数)における重みさを決めておけば上記



図 15 「総合能力」出力画面

の処理手順を変更しなくても対応できる。また、この総合能力は一つの数値（得点合計）のみで示されているため、判りやすい表現といってもよい。

上記の全テスト成績ファイルのすべてのデータを用いた評価方法以外、各テストレベルにおいて、最近何回かまでのテストの平均値を利用して得点を計算することも可能である。特に最近何回かまでの成績を用いた評価を見ると学習成果が出ているかが判る。この自学自習システムでは、最近10回までの成績に基づいて能力を評価する機能を提供する。

この章では、幾つかの処理方法により学習利用者の学習データを加工してより有益な情報を提供する方法を述べてきた。これらの有益情報は、学習利用者に自分の能力を把握させるとともにこれからの学習計画に大変役に立つものと思われる。とりわけ、ここで述べた、重み付けによる総合能力の評価方法以外、様々な手法が考えられる。もっと興味深い総合能力の評価方法への探究は面白い研究テーマになるだろう。とは、実社会において人々に対する総合能力の評価を様々な場面で行うため、有効な評価手法の開発が求められているからである。

5. 設定・管理

この自学自習システムの設計目標の一つは汎

用性を持たせることである。つまり、どの分野の問題集にも対応できるように設計することである。このため、実際に問題集の分野に適合するように種々の基準値を変える必要があるが出てくる。また、問題の難易度に基づいて出題するので、最初に付けられている問題の難易度が妥当でないと想定通りの出題が難しい。よってこのときも問題の難易度を調整する必要がある。そこでこの自学自習システムでは、基準値の変更や、問題難易度の調整などという機能が「設定・管理」サブシステム（図16参照）より提供される。

5.1 基準値の設定

これまでに述べたように、この自学自習システムでは、あらかじめ決定した各難易度の出題割合基準（表1）、学習アドバイスを決める基準（表2）、キーワードにおける習得程度の評価基準（表3）、総合能力の評価基準（表4）などに基づいて様々な処理を行う手法を採ってきた。一方、利用している択一問題集はどの分野のものであるかに関して何も制約条件を加えていない。すなわち、どの分野の問題集にも対応できるようにこの自学自習システムが設計されている（システムの汎用性の実現）。

しかし、分野によって上記の評価基準は必ずしも一致するとは限らない。この不都合なことを解消する方法の一つは、問題集の分野に適合

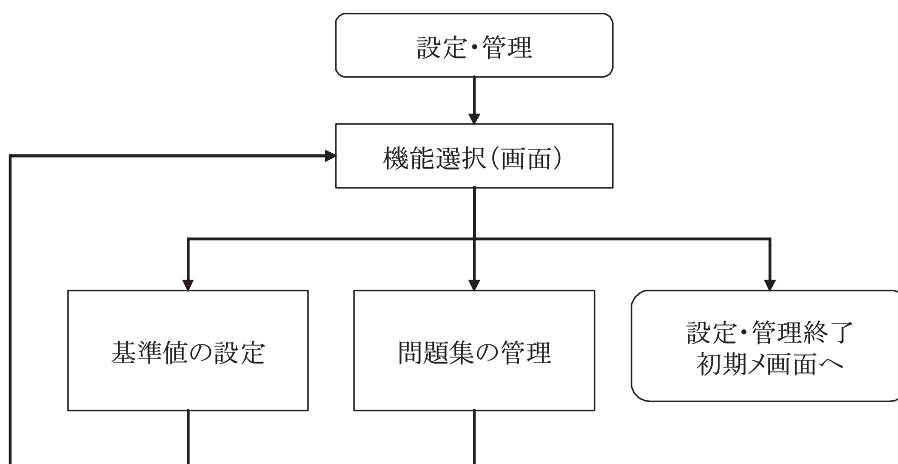


図 16 「設定・管理」サブシステムの基本構成

するように学習利用者（あるいは、管理者）が上記の種々の基準値を変更できるように基準値の設定機能を用意することである。

実現方法としては、学習利用者が変更したい基準を指定し、ワークシートに記録されている各基準値を設定画面に表示させ、学習利用者がそれを参考にし、新しい基準値を入力して設定ボタンをクリックすると更新した基準値をそのワークシートに更新・保存する。

5.2 問題集の管理

異なる能力を有する何人かの学習利用者が同じ択一問題集を利用して学習することが想定される。そこで最初に設定された問題の難易度がすべての学習利用者に必ずしも妥当だとは言えない場合を生じる。特に、最初に設定した問題の難易度はあくまでも問題の作成者に決められたものであり、作成者の持っている知識によって同じ問題にも異なる難易度を付けられると考えられる。例えば、ある問題に対し、初心者にその難易度を3と設定すると妥当だと思うが、多少知識を持っている学習者には難易度を2と設定すれば妥当だと考えられる。一般的に問題

に妥当な難易度を付けるのは容易でないと思われる。

この自学自習システムでは、学習利用者に適合するように問題の難易度を自動調整する機能を用意する。この機能の実現方法は、あらかじめ問題難易度の変更基準（表5参照）をワークシートに記録しておき、これまでの学習データ：問題集の属性ファイル（図4）により、各問題のこれまでの利用状況（正解率＝正解回数÷利用回数）を計算し、変更基準（表5）に基づいて変更するかどうかを判断する。難易度が変更される場合、その問題の属性ファイルを変更し、さらに利用回数と正解回数ともを初期化（すなわち、ゼロ）にする。

また、問題集に新しい問題を追加する機能や、問題の内容を修正する機能も備えている。

表 5 問題の難易度の変更基準

正解率	更新処理
20%以下	1ランクを上げる(難しくする)
90%以上	1ランクを下げる(易しくする)
その他	変更しない

6. まとめ

これまでに「択一問題集による自学自習システム」の設計手法と機能、および、択一問題集活用法とITの融合による効果的な学習の実現手法について述べた。このシステムの設計手法においては、あまり難しい情報処理技術を利用せず、表計算ソフトMicrosoft Excelのワークシートをファイルとして使用したデータの保存方法、および、データ処理の際に使われるデータ検索・挿入に関する処理方法を用いたものである。このため、本稿全体を読みやすく構成するために、この自学自習システムに含まれたすべての処理手順が漏れなく示されず、このシステム構成の主要な処理手順（考え方）が理解できる程度まで記述された。

本稿に議論された学習方法に関するオリジナルな考え方は情報（択一問題、解答群の解答など）を巧みに組み合わせて活用するところにある。さらに、この択一問題集による学習でよりよい学習の成果を得るためにはこれまでの学習データをうまく活用することも提案された。特に興味深いのは、このような情報の多種多様な組み合わせ、および、学習データの活用法がITによって簡単に実現できることである。

ところが、この開発した自学自習システムの

有効性についての議論が本稿に含まれなかった。これからこの自学自習システムを実際に使いながら、種々のデータを収集し、分析することによってシステムの有効性を評価する予定がある。また、この自学自習システムをさらに発展させるためには意義あるような情報の組み合わせ方を探求することが必要となる。これは興味あるような今後の研究課題の一つになると思われる。

参考文献

- [1] アジアンにおけるe-Learning情報：
<http://www.asia-elearning.net>
- [2] 片方善治（監修）：「e-コマースシステム技術大系」，フジ・テクノシステム，2001年5月
- [3] 教育システム情報学会：<http://www.jsise.org>
- [4] 全国大学IT活用法研究発表会（各年度の発表タイトルリスト，アブストラクト，論文）：
<http://www.shijokyo.or.jp/LINK/houhou/houtop.htm#01>
- [5] 名古屋学院大学，キャンパス・コミュニケーション・システム（CCS）：
<http://www.ngu.ac.jp/chr1/ccslogin.html>
- [6] 渡部澄夫，ほか：「学習システムの理論と実現」，森北出版，2005年7月

付 録

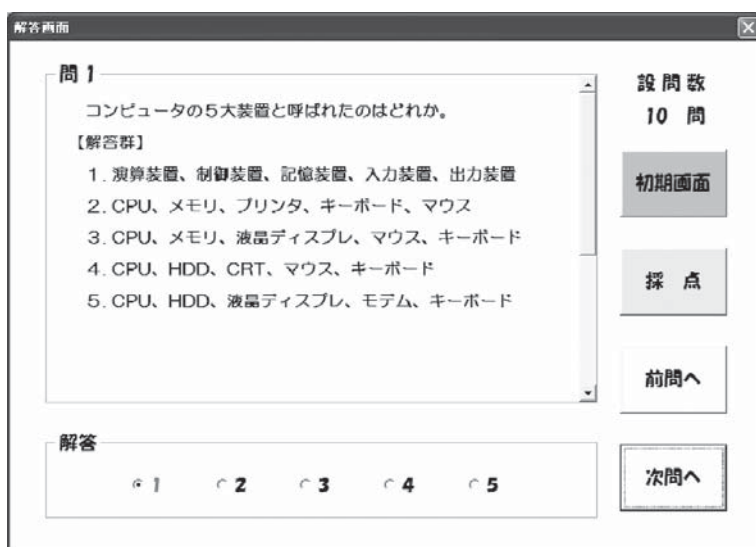


図 17 択一問題集による自学自習システムの解答画面



図 18 択一問題集による自学自習システムの学習画面