

Webブラウザを利用した工業数学演習システム

山田 貴裕*

An Engineering Mathematics Training System Using Web Browsers

Takahiro YAMADA

Abstract:

An engineering mathematics training system using web browsers has been developed.

The system features of several useful functions: the display function of the learning contents; the function of providing appropriate exercises to students and judging their answers; the progress management function; and the forced review learning function.

The adoption of the system to an actual class of the institute began in April 2001. Based on the results of a six-month trial, the practicality and effectiveness of the developed system has been confirmed.

Key Words: WWW, CAI, Web Application, Web Browser, CGI, Mathematics Training System

1. はじめに

電子工学・情報工学を学ぶ上で数学の知識は欠かせない。しかし、高等学校の実業系学科ではカリキュラムの都合上、微分や積分等の工学全般の基礎をなす数学がカリキュラムに取り入れられていない。本学電子情報工学科ではこのような実業高校出身の学生も受け入れられるように、「工業数学演習」という科目を設け、電子工学・情報工学における基礎数学の演習を行って来ている。また、近年、高等学校におけるカリキュラムが多様化し、普通科出身の学生の中にも基礎的な数学を十分身に付けていない学生が増えて来ている。このため、「工業数学演習」の重要性は以前よりも増していると言える。

「工業数学演習」では、従来はパソコンによる工業数学演習システムを利用して演習を行っていたが、このシステムは特定機種MS-DOSアプリケーションとして実現されていたため、情報センターのパソコンにWindows NTが導入されて以来利用できなくなった。その為、演習問題が書かれたプリントを配布して、演習時間中にその問題を解かせるといった方法が行われてきたが、このような方法では全ての学生が同じ問題を解くことになり、あまり意欲的でない学生は既に解答を終えた

学生の答えを写す等の不正行為の可能性もある。また、毎回、全学生の回答をチェックしなければならず、教員の負担も大きい。このような事情から、やはり、コンピュータを利用した演習システムの必要性が再認識されるようになった。そこで、新たな工業数学演習システムを構築することにした。

2. 工業数学演習システムに必要な機能

工業数学演習は基本的に学生の自習によって進められる。即ち、演習時間中に学生はテキスト等の説明文を読んで内容を理解し、練習問題を解いて内容を理解したか確認することで学習を進めていく。ただし、授業時間中は必ず担当教員が待機しているので、学生は理解できない個所があれば担当教員から説明を受けることも出来る。このような形式の演習において演習システムに最低限必要とされる機能としては、説明を表示する機能と問題を出題して解答の正誤を判断する機能の2つである。

しかし、これだけでは教員が学生の進捗状況を把握することが困難である。また、学生はある練習問題を飛ばして先に進んでしまう事もあり得る。そのため、学習者の進捗状況を管理する機能もあった方が良い。そこで、学習者がどの練習問題まで終了したか記録しておき、学

* 電子情報工学科
平成13年9月28日受理

習者が練習問題を解こうとした時、その記録を確認して練習問題を飛ばさないように出題するような進捗管理機能も必要である。

また、一旦身に付けた知識も放っておくと忘れてしまうことがあるので、一旦学習が終了した内容も適度に期間を置いてから復習してみることが望ましい。意欲のある学生ならば自主的に復習するだろうが、全ての学生が自主的に復習するとは限らない。そこで、一旦終了した練習問題も一定の期間が過ぎると先の問題を解こうとした際に再度出題されるような強制復習機能も付加することにした。

以下に本演習システムの主な機能をまとめる。

- ・ 説明文の表示機能
- ・ 練習問題の出題／解答の正誤判断機能
- ・ 進捗管理機能
- ・ 強制復習機能

3. 工業数学演習システムの実現方法

前述の機能を有する演習システムを実現するには様々な方法が考えられるが、その中でも学習者が使用するコンピュータや学習する場所を出来るだけ限定しないような方法が望ましい。何時でも何処でも利用できれば授業時間以外でも学習者は学習を進めることが出来、学習者一人一人に合ったペースで学習出来るようになる。「工業数学演習」のような基本的に学習者の自習によって進められる演習に利用されるシステムにおいては、使用するコンピュータや場所を出来るだけ限定しないということは重要な要件である。

スタンドアロンなアプリケーションや特定の OS 上のアプリケーションとして実現するとこの要件を満たせない。しかし Web ブラウザで利用するようなシステムであれば、Web ブラウザは様々なコンピュータで利用できる所以この要件を満たすことが出来る。そこで新しい工業数学演習システムでは Web ブラウザで利用する形態のシステムにすることにした。ただし、特定の Web ブラウザでしか利用できなければ、使用出来るコンピュータを限定してしまうことになるので注意が必要である。

ところで、演習時間中にある学習者に出題された問題が隣の学習者と同じ問題では、学習者自身で解かず隣の学習者の解答をそのまま答えてしまう可能性がある。そのため練習問題の出題機能においては出題される問題がある程度ランダムである必要がある。また、同じ問題が何度も出題されることが無いようにしなければならない。

い。これもまた本演習システムに必要な要件である。

Web ブラウザで利用するシステムの実現方法には CGI で実現する方法と JAVA アプレットを用いる方法が考えられるが、JAVA アプレットを用いればクライアント側で動的に練習問題を生成して出題することが出来るので、サーバに負担をかけずに前述の要件を満たすことが出来る。そこで、一旦は JAVA アプレットによりブラウザ上に数式を表示することや、練習問題を生成することを試みたが、非常に速度が遅く、また、使用するブラウザや環境によって数式の表示がまちまちで実用に耐えるものではなかった。

CGI によっても問題を動的に生成して出題することは可能だが、それではサーバに大きな負担がかかってしまう。しかし、予め練習問題毎に数十～数百問の問題を用意しておき、その中からランダムに出題するようにすればサーバに負担をかけずに前述の要件をほぼ満たすことが出来る。そこで練習問題出題等の機能は CGI で実現することにした。

4. システムの構成

本演習システムは説明文等が記述された HTML ドキュメント、開発用ツール、練習問題出題機能等を提供する CGI プログラム、学習者の進捗状況等を記録するデータベース及び管理者用ツールから構成される。これらの内、開発用ツールはサーバ上にインストールされている必要はない。図4-1 に本システムの構成図を示す。

4.1 HTML ドキュメントと開発用ツール

HTML ドキュメントの作成には様々なツールが市販されているが、基本的には何を利用して構わないだろう。しかし前節で指摘したように、利用するブラウザを限定しないようにするにはブラウザに依存したスクリプトをドキュメント中に埋め込まないようにしなければならない。今のところ HTML エディタ等は使用せず、単なるテキストエディタで作成しており、また一切スクリプトも埋め込んでいないので、実際に評価したブラウザとしては Internet Explorer と Netscape Navigator のみであるが、GIF 画像を表示できる殆ど全ての Web ブラウザで利用可能であると思われる。

公式や定理の証明、解説等は HTML ドキュメントとして記述されており、当然文章中には数式が現れる。これらの数式は GIF 画像として、文章中に埋め込まれている。説明文や練習問題中の数式画像は LaTeX から

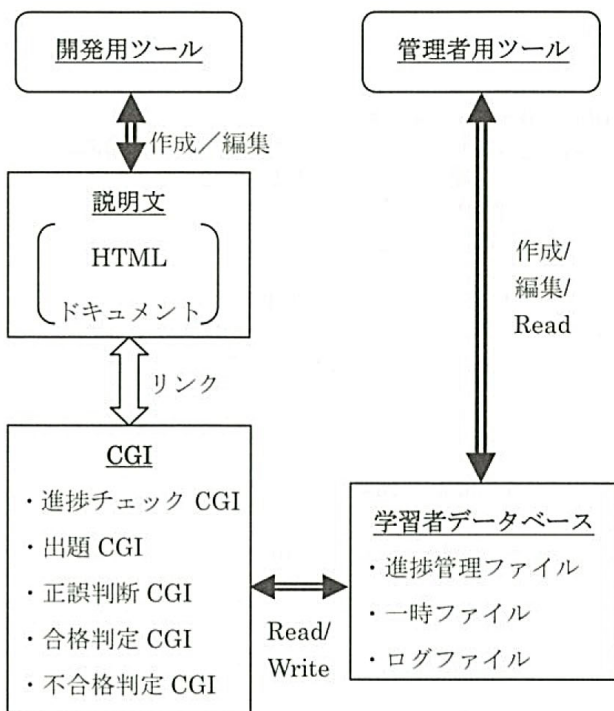


図4-1 システム構成

GIF 画像へ変換するツールを作成し、これを用いて生成した。このツールは式の大きさを自由に指定することが出来るので、説明文中では普通の文字の大きさに合わせるようにし、練習問題では式を読み間違える事の無いように大きくした。

また、説明文中に埋め込む数式画像については、IMG タグの ALT に LaTeX で式を記述しておくこと HTML ファイルを走査し、一括して変換するツールも用意した。このツールを利用するには数式を埋め込む IMG タグを以下の形式で記述する必要がある。

```
<IMG SRC="expr 通し番号.gif"[align="center"] ALT="数式の記述">
```

以下に本ツールを利用するための制限事項等を列挙する。

- ・数式画像の IMG タグ中には改行があってはならない。
- ・画像のファイル名は“expr” + 通し番号でなければならない。また、通し番号は001のように1桁の場合は左に0を補い3桁である必要がある。
- ・IMG タグを示す IMG は大文字でなければならない。これは他の図の IMG タグを小文字で書くようにするとHTML中の式を簡単に発見でき、修正が容易になるからである。
- ・align 等はあっても無くても良い。
- ・ALT は SRC より後でなければならない。

・数式の記述は LaTeX の数式の記述に従う。即ち $\$[で始まり\$]$ で終わるか、 $\$$ で始まり $\$$ で終わっていないなければならない。

リスト4-1にこの形式で書かれた HTML の例を、図4-2にこのツールを用いて画像を生成した結果をブラウザで表示した様子を示す。なお、HTML 記述、LaTeX については文献 (1), (2) を参考にした。

4.2 CGI とデータベース

本演習システムでは練習問題の出題等の機能は進捗チェック CGI, 出題 CGI, 正誤判断 CGI, 合格判定 CGI 及び不合格判定 CGI の計5種類の CGI によって実現している。これらの CGI は csh スクリプトと awk スクリプトを組み合わせて実現されている。また、csh スクリプトの中では Unix であれば標準的に用意されているコマンドがいくつか使用されている。その為、本システムのサーバとなるコンピュータには Unix 系の OS が動作している必要がある。

また、学習者の進捗管理等のため学習者データベースを用いている。これらの CGI やデータベースについては次節で詳しく述べることにする。

本演習システムではユーザの識別に COOKIE を用いているので、進捗管理等の機能を利用するには Web ブラウザに COOKIE を登録しておく必要がある。本演習システムを正式に利用するためには学習者データベースにユーザとして登録されていなければならない。ユーザとして登録されている場合、使用する Web ブラウザに COOKIE を登録することが出来る。本システムには前述の CGI に加えて、COOKIE の登録とその確認の為の CGI も備わっている。ただし、ユーザ登録されていない場合でもゲストとして利用することが出来る。ゲストとして利用する場合、進捗管理及び強制復習は機能しない。また、同時に複数の人がゲストとして利用すると正誤判断機能も誤動作してしまう。これは後述の一時ファイルがゲストに対しても1つしか用意されていない為である。

4.3 管理者用ツール

本演習システムを構成する最後の要素は管理者用ツールである。管理者用ツールはキャラクタベースのコマンド群である。これらのコマンドでは GUI は用意されていない。以下に管理用コマンドの一覧を示す。

- ・ adduser…本システムのユーザを登録するコマンド

```

<html>
<body>
<h2> 三角関数の定義 </h2>
  平面内に直交する <IMG SRC="expr001.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ x $"> 軸と
  <IMG SRC="expr002.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ y $"> 軸を定めます。任意の点 P と座標原点 O とを結ぶ直線が
  <IMG SRC="expr001.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ x $"> 軸となす角度を  $\theta$  とし、また PO の長さを
  <IMG SRC="expr003.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ |r|">, P 点の座標を
  <IMG SRC="expr004.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="(x,y)"> とするとき、正弦関数
  <IMG SRC="expr005.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ \sin $"> (サインと読む)、余弦関数
  <IMG SRC="expr006.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ \cos $"> (コサインと読む)、正接関数
  <IMG SRC="expr007.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ \tan $"> (タンジェントと読む) および余接関数
  <IMG SRC="expr008.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" ALT="$ \cot $"> (コタンジェントと読む) は次のように定義されます。
  そして、これらの関数を総称して三角関数と呼びます。
  
  <blockquote>
  <IMG SRC="expr009.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" vspc=3 ALT="$ \sin \theta = \frac{y}{r} $">
  <br>
  <IMG SRC="expr010.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" vspc=3 ALT="$ \cos \theta = \frac{x}{r} $">
  <br>
  <IMG SRC="expr011.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" vspc=3 ALT="$ \tan \theta = \frac{y}{x} $">
  <br>
  <IMG SRC="expr012.gif" ALIGN="ABSMIDDLE" vspc=3 ALT="$ \cot \theta = \frac{x}{y} $">
  </blockquote>
</body>
</html>

```

リスト4-1 数式画像自動生成の為の HTML 記述例

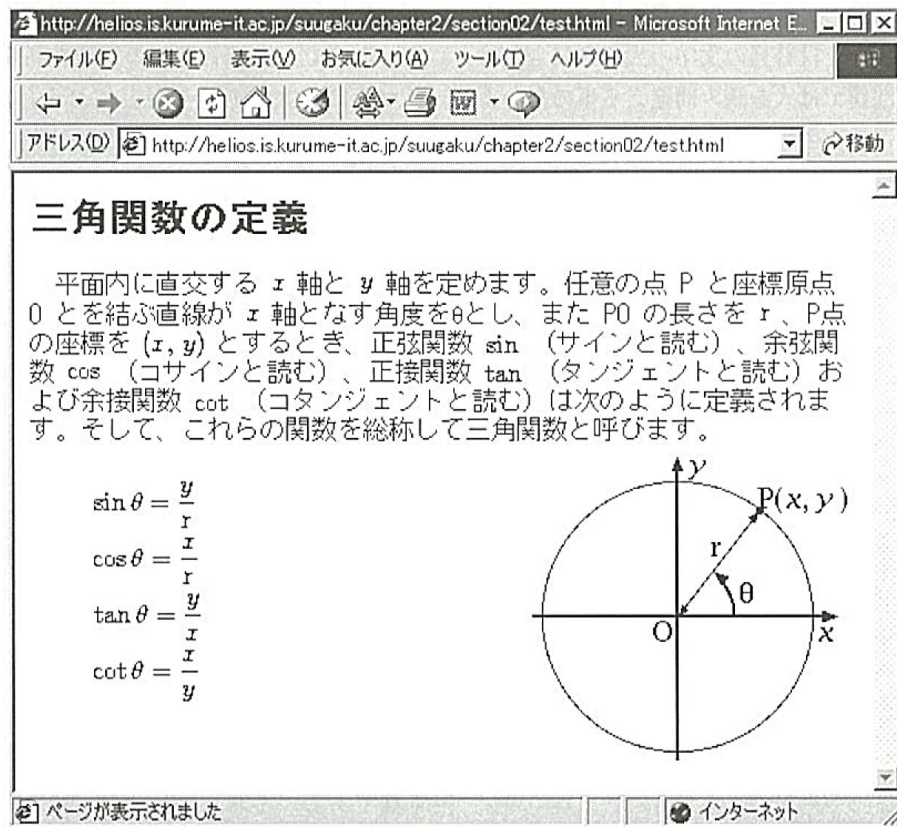


図4-2 生成された数式の表示結果

- ・ backup…学習者の進捗状況データのバックアップを取るコマンド
- ・ check…学習者の進捗状況データが正常であるかチェックするコマンド
- ・ deluser…本システムのユーザを削除するコマンド
- ・ expire…本システムの CGI が利用する COOKIE の有効期限を設定するコマンド
- ・ remake…学習者の進捗状況データが何らかの理由で壊れた際復元するコマンド
- ・ restore…学習者の進捗状況データのバックアップからデータを復元するコマンド
- ・ sindo…学習者の進捗状況を表示するコマンド

5. 各種 CGI と学習者データベース

データベースはユーザ毎に3つのテキストファイルから構成されている。これらは CGI が置かれているディレクトリの users ディレクトリ, tmp ディレクトリ, log ディレクトリにユーザ名と同名のファイルとして格納されている。users ディレクトリ下のファイルには学習者の進捗状況が記録されている。これを進捗管理ファイルと呼ぶ。tmp ディレクトリ下のファイルは出題された問題の種類や正答数等の一時的なデータが格納される一時ファイルである。log ディレクトリ下のファイルは学習者が練習問題に合格するか不合格になる都度、その練習問題の番号と結果、日付が記録されていくログファイルである。

練習問題は章毎に数問ずつ用意されており、さらにその問題にはいくつかのレベルがある。従って章を i , 問い番号を j , レベルを k とすると (i,j,k) によって問題の種類は区別されることになる。練習問題を出題する CGI (出題 CGI) や解答の正誤判断を行う CGI (正誤判断 CGI) は問題の種類毎に用意しなければならないのでファイル名は各々 ij,k を - で連結して q 又は a を付けた名前にしている。例えば4章の練習問題2の簡単なレベルの問題の出題 CGI ならば $4-2-1q.cgi$ というファイル名になっている。

本演習システムでは問題の種類毎に定められた数だけ連続して正答するとそのレベルの問題は合格になり、次のレベル或いは次の問いに進むことができ、合格する前に定められた回数だけ誤答するとその問題は不合格になり、もう一度解かなければならないようになっている。その為、合格を判定する CGI (合格判定 CGI) と不合格を判定する CGI (不合格判定 CGI) も問題の種類毎に用

意されており、 (i,j,k) を用いて各々 $ij-kok.cgi$, $ij-kbad.cgi$ というファイル名になっている。

学習者が途中の問題を飛ばして先に進んでしまう事が無いように、説明文から出題 CGI への直接のリンクは無く、進捗管理ファイルをチェックして出題すべき問題を選択する進捗チェック CGI へのリンクが張られている。進捗チェック CGI は練習問題毎に用意されている。ファイル名は $ex_ij.cgi$ となっている。この CGI は i 章の練習問題 j までに飛ばされた問題が無いかチェックし、もしあればその問題の出題 CGI へジャンプする。飛ばされた問題が無ければまだ合格していないレベルの出題 CGI へジャンプする。これだけであれば進捗チェック CGI は1つで良いように思われるが、学習者が復習しようとする際にはどの問題を解こうとしているか知る必要がある。その為、進捗チェック CGI は各章の練習問題毎に用意されている。

以上のように本演習システムの CGI は進捗チェック CGI, 出題 CGI, 正誤判断 CGI, 合格判定 CGI 及び不合格判定 CGI から成る。図5-1にこれらの CGI とデータベースの関係を示す。処理の流れは以下ようになる。

学習者が i 章の練習問題 j を解こうとする際には進捗チェック CGI $ex_ij.cgi$ が起動される。 $ex_ij.cgi$ は一時ファイルをクリアし、進捗管理ファイルをチェックする。そして出題すべき問題を選択してその出題 CGI $i'-j'-kq.cgi$ へジャンプする。問題の選択に関しては次節で詳しく述べる。

$i'-j'-kq.cgi$ は先ず i' 章, 練習問題 j' , レベル k の問題の中からランダムに問題を選択する。次に一時ファイルをチェックして、もし何も書かれていなければ連続正答数と累積誤答数を各々0として一時ファイルに書き込む。そして、選択した問題のシリアル番号を一時ファイルに追記する。最後に問題を表示する。

学習者が解答を送信すると正誤判断 CGI $i'-j'-ka.cgi$ が起動される。 $i'-j'-ka.cgi$ は最初に一時ファイルから連続正答数と累積誤答数、問題のシリアル番号を読み込む。そして、シリアル番号によって解答の正誤を判断し、正解であれば連続正答数をインクリメントして一時ファイルに書き戻し、合格判定 CGI $i'-j'-kok.cgi$ へジャンプする。解答が間違いであれば連続正答数を0にし、累積誤答数をインクリメントして一時ファイルに書き戻し、不合格判定 CGI $i'-j'-kbad.cgi$ へジャンプする。

合格判定 CGI $i'-j'-kok.cgi$ は一時ファイルから連続正答数を読み込み、それが予め定められた数以上であれば

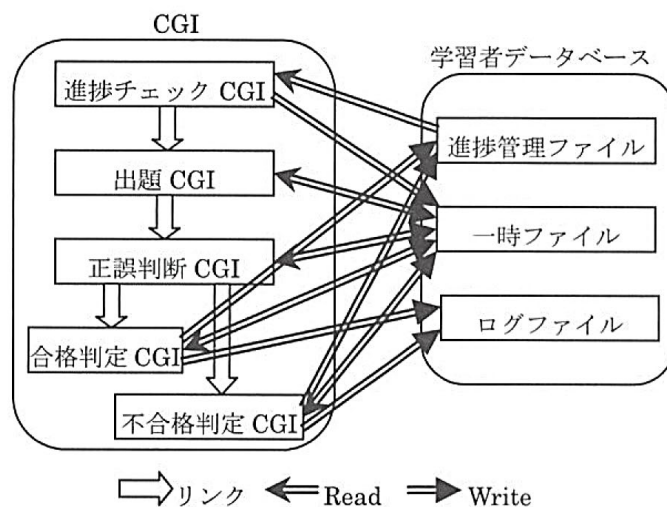


図5-1 CGI とデータベース

その問題は合格として、進捗管理ファイルの (i',j',k) のフィールドにその日の日付を書き込む。また、ログファイルに $i'-j'-k$ が合格になった事とその日の日付を追記する。そして、 k が i' 章、練習問題 j' で最も高いレベルであれば正解である事と次の説明文へのリンクを表示する。 k が最も高いレベルでない場合は正解である事と $(i',j',k+1)$ の出題 CGI へのリンクを表示する。連続正答数が定められた数未満の場合には正解である事と $i'-j'-k$ q.cgi へのリンクを表示するだけである。

不合格判定 CGI は一時ファイルから累積誤答数を読み込み、それが予め定められた数以上であればその問題は不合格として、進捗管理ファイルの (i',j',k) のフィールドから合格になった日付を削除する。これによって一旦合格になった問題も合格していない状態に戻されることになる。この点については次節で説明する。また、ログファイルに $i'-j'-k$ が不合格になった事とその日の日付を追記する。そして、間違いである事と学習し直すべき説明文へのリンクを表示する。累積誤答数が定められた数未満の場合には間違いである事と $i'-j'-k$ q.cgi へのリンクを表示するだけである。

ところで、不合格判定 CGI によって間違いである事が表示された場合、Internet Explorer では「戻る」ボタンをクリックすると出題 CGI へのリクエストは行われずに直前の問題がそのまま表示される。一時ファイルの中にその問題のシリアル番号が保存されていると同じ問題で解答を送信し直す事が出来てしまう。この事を防ぐ為に、正誤判断 CGI は連続正答数と累積誤答数を一時

ファイルへ書き戻す際に問題のシリアル番号をクリアする。また、合格判定 CGI や不合格判定 CGI が合格あるいは不合格と判定した際には一時ファイルはクリアされる。各 CGI は一時ファイルの要素の数をチェックして、2つのウィンドウで問題を表示した際や戻るボタンがクリックされた際の誤動作を防ぐようにしている。

6. 復習制御と問題選択

進捗チェック CGI は進捗管理ファイルを参照して出題すべき問題を選択している。進捗管理ファイルは次のフィールドからなる行が問題の種類の数だけ順に並んだものである。

1. 章番号…その問題が属す章の番号
2. 練習問題番号…練習問題の番号
3. レベル番号…レベルを表す番号
4. 復習制御文字…復習の際に出題するか否か、強制復習の有効/解除を制御する文字で“.”, “o”, “x”の何れかである。
5. 最初に合格となった日付…最初に合格となった日付であり、合格するまではこのフィールドは存在しない。
6. 最後に合格となった日付…最後に合格になった日付であり、合格するまではこのフィールドは存在しない。また、一度しか解いていなければ5番目のフィールドと等しい。一旦合格しても、復習の際に不合格になると5番目のフィールドは残したままこのフィールドは削除される。

進捗チェック CGI は各行のフィールドを見て最初に次の何れかの条件が成立した行の章番号-練習問題番号-レベル番号の出題 CGI へジャンプする。

条件 1. 6 番目のフィールドが存在しない。

条件 2. 4 番目のフィールドが“o”で6番目のフィールドの日付から30日以上経過している。

条件 3. 1 番目のフィールドと 2 番目のフィールドが CGI のファイル名に含まれる章番号と練習問題番号で、4 番目のフィールドが“o”か“x”である。

本演習システムでは各練習問題が複数のレベルの問題を含む構成になっている。初めて学習する際には初歩的な問題から始めて高度な問題へ進んでいくべきだが、復習の際には初歩的な問題を解いてみる必要はないだろう。その為、進捗管理ファイルの復習制御文字を用いて復習の際に出題するか否かを制御出来る。復習制御文字が“.”であれば復習の際には出題されず、“o”か“x”であれば出題されるようになっている。

強制復習は復習制御文字が“o”である場合に有効で、最後に合格した日付から30日以上経過すると出題される。しかし、いつまでも強制復習が有効になっていると復習しなければならない問題が増えていき、先に進めなくなっ

てしまう。その為、最後に合格した日付から30日以上経過して復習した際に合格すると復習制御文字が“x”に変更され、強制復習は解除される。

復習の際に不合格になるということはもう一度学習し直す必要があるということなので、その練習問題の全てのレベルから6番目のフィールドが削除され、再度解かなければならなくなる。しかし一旦は合格した問題なので、その事が把握出来るように5番目のフィールドは残される。

このようにして始めて学習する際や復習する際に出題される問題は制御されているわけだが、合格/不合格の判定基準も以下の3つの場合毎に異なる設定になっている。

1. 初めて学習する場合
2. 復習の場合
3. 一旦合格したが復習の際不合格になり再度学習する場合

ここで1と3はほぼ同じ基準に設定されているが、2は1に比べ合格に必要な連続正答数が半分程度に設定されている。これは強制復習の際も初めて学習する際と同じ量の問題を解かなくてはならないようでは先に進む

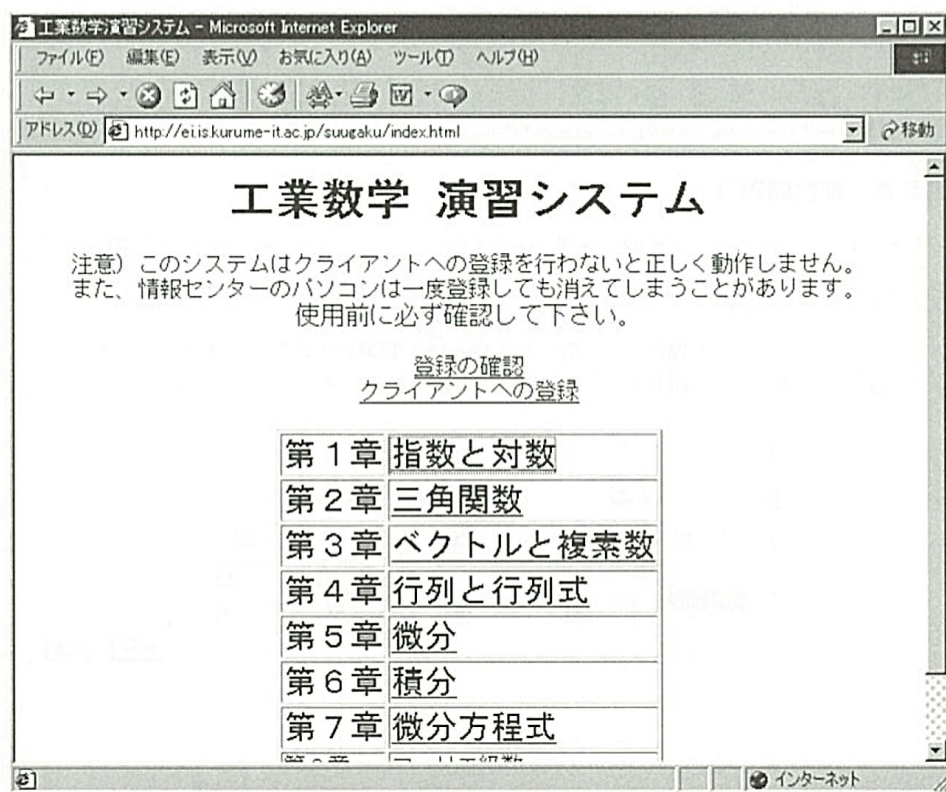


図7-1 工業数学演習システムトップページ

のが大変になるからである。

7. 工業数学演習システムの運用

本演習システムの内容は全部で7章あり、各章に3問から4問の練習問題が用意される予定である。各章の内容は以下のようになっている。

- 第1章 指数関数と対数関数
- 第2章 三角関数
- 第3章 ベクトルと複素数
- 第4章 行列と行列式
- 第5章 微分
- 第6章 積分
- 第7章 微分方程式

この内、平成13年4月の時点で完成していたのは第1章と第2章、第5章の説明文の殆どと第1章から第5章までの練習問題であったが、前期の範囲は第1章から第5章の最初の部分までであり、説明文が未完成の部分に関してはテキストを併用することにして、同年前期の授業から運用を開始した。図7-1に本演習システムのトップページ、図7-2に練習問題の例を示す。

本演習システムはLinux上で開発されていたので、授

業への導入にあたってはLinuxがインストールされたパソコンを用意し、これに演習システムをインストールしてサーバとした。サーバとして用いたマシンのスペックを表7-1に示す。

工業数学演習はクラスの半分が交代で隔週、2時限連続で行われており、1回当たりの人数は30名程度である。30名が同時に利用するわけだが、30名が同時にアクセスすることは無いので、説明文の表示や問題の表示に時間がかかるとは考えにくい。実際、問題の表示に時間がかかることや、タイムアウトしてしまうことは非常に稀であった。

運用を開始して4、5回目の授業までは演習システムのバグが取りきれず、進捗管理ファイルが壊れてしまうといったトラブルが発生した。また、授業の担当者が強制復習機能について十分認識していなかったので

表7-1 サーバに用いたマシンのスペック

| | |
|-----|---------------------|
| CPU | AMD K6-2 500MHz |
| メモリ | 64MByte |
| HDD | 8GByte |
| LAN | 10Base-T/100Base-TX |

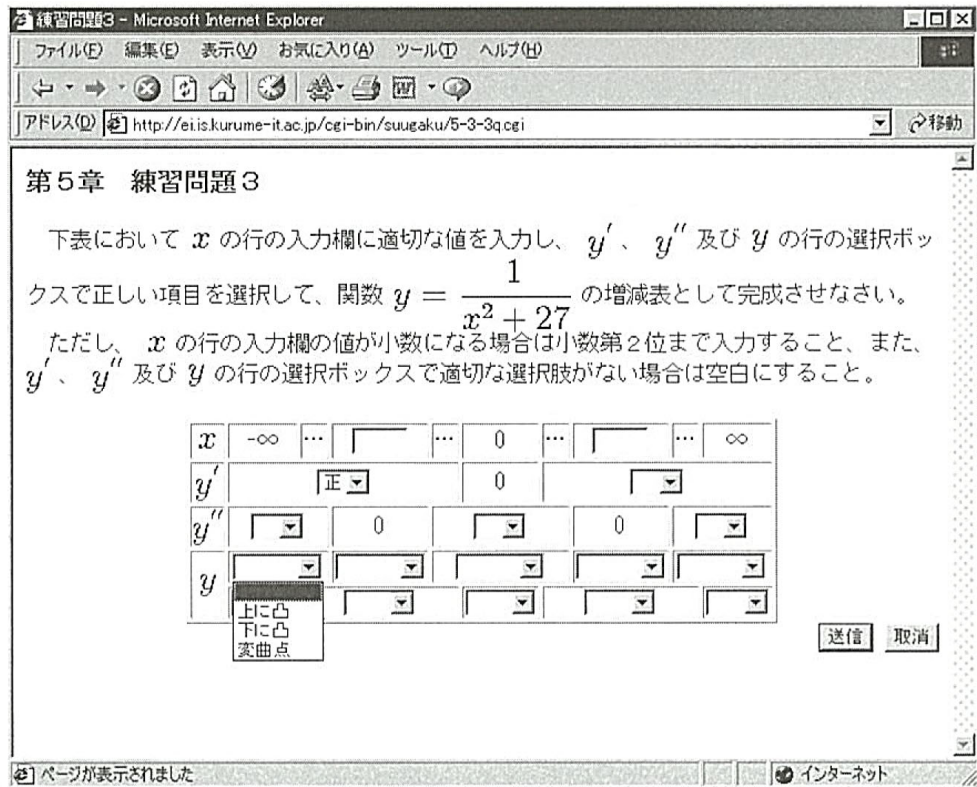


図7-2 練習問題の例

システムのトラブルと勘違いしたことがあった。その後は情報センター内のネットワークのトラブル以外殆どトラブルは発生しなくなった。しかし、現在でも稀に進捗管理ファイルが壊れるという現象が発生することがある。その為 `check` コマンドによってチェックし、進捗管理ファイルが壊れている場合には `remake` コマンドで復元するという作業を時々行うようにした。

前期の終了に際して工業数学演習においても期末試験が行われた。期末試験は試験範囲である第1章から第4章までの全ての練習問題を終わらせた学生のみを対象として Web ページを利用して行われた。(その後に終わらせた学生には再試験を実施している。) 解答を送信するとその場で採点結果が表示され、2回まで解答のやり直しが出来る(即ち、3回まで解答を送信出来る)という変則的な形式で行われたので他の科目との単純な比較は出来ないが、今回の工業数学演習の平均点は82点であった。これは十分に高い値であり、本演習システムを利用した学習の効果は十分なものであると考えられる。

8. 問題点と今後の課題

授業の最後に工業数学演習の授業形式や本演習システムに関するアンケート調査を行った。その結果、本演習システムを使いにくいと感じている学生が使い易いと感じている学生より若干多かった。また、改善すべき点と

して「システムの安定性」、「説明を解り易く」、「例題を増やす」、「間違ったときは正解を表示する」等の点が挙げられていた。

本演習システムの CGI は `csh` スクリプトと `awk` スクリプトの組み合わせで実現されているが、これでは保守性や移植性の点で問題がある。また未完成の CGI も残っているので、今後は `perl` のような一般的に CGI で使われているスクリプトで記述し直す必要があるだろう。

その際にはファイルの書き込みエラー等のエラー対策を十分に行い、より安定なシステムにする必要がある。また、間違ったときには正解を表示する、練習問題のページに現在の連続正答数と累積誤答数を表示する、強制復習機能が働いた際にはそのことを表示する、学習者が自分の進捗状況を確認出来るようにする等の機能を付加し、より使い易くしていく必要がある。

また、説明文に関しては未だ半分程度しか完成していないので早急に未完成部分を作成する必要がある。完成している部分に関しても例題を増やすなどの工夫をして解り易いものにしていく必要がある。

参考文献

- (1) 河西, ホームページの制作, 技術評論社
- (2) 奥村, LaTeX 美文書作成入門, 技術評論社