

プログラミング教育のための Web-CAI

梶浦 文夫

倉敷芸術科学大学産業科学技術学部

(1999年9月30日 受理)

1. はじめに

ノート PC と LAN 環境を利用したプログラミング教育を、本学の開学以来4年間に渡って実践してきた¹⁾²⁾³⁾。また、それらの教育実践について、本紀要で詳しく報告した⁴⁾⁵⁾⁶⁾。その報告の中でも述べたように、初心者のプログラミング教育を支援するためには、WWW や電子掲示板などを用いた情報交換の機能だけでなく、学生が自学自習するための CAI が必要である。本研究では、昨年末から継続的に開発を続けているプログラミング教育のための自学自習用 Web-CAI について総合的に報告する。

開発した Web-CAI は、Web サーバ上の CGI プログラムおよび CAI コンテンツ (HTML 文書、画像など) からなり、学習者はネットワークに接続した PC 上で Web ブラウザを用いて使用する。CGI プログラムは、学習履歴の記録、入力解答の正誤判定などを行なう。試作した CAI コンテンツは C 言語における配列学習用のものである。本学ソフトウェア学科 1 年生に講義時間外の自由な時間に使用させて、学習履歴とアンケート結果からシステムの評価を行なった。以下、Web-CAI 開発の背景と方針、システム概要、評価について述べる。

2. Web-CAI 開発の背景と方針

過去3年間の本学紀要で報告したように、著者は開学の年から、LAN とノート PC を利用したプログラミング教育を実践してきた。このような実践を通じて次のようなことが明らかとなってきた。第一に、多人数の初心者のプログラミング教育を支援するために、Web による説明やヒントの提示、チャット、掲示板などによる教師-学生間および学生-学生間の情報交換は有効であること。さらに第二として、初心者の学生が各自のペースで自由な時間に自学自習するための CAI も必要であること。

そこで、他の掲示板やチャットと同様にブラウザ上で扱える CAI を開発することとした。Web 上に CAI システムを構築することのメリットとしては、(1)クライアントの機種および OS を選ばないこと、(2)HTML 文書で比較的簡単に CAI を構築できること、(3)CAI コンテンツをサーバ上で一元管理できること、(4)静止画、動画、音声等を簡単に扱えることなどがある。一方、デメリットとしては、(1)HTML だけでは、機能が限られること、(2)

WWWサーバにかかる負担が大きいこと、(3)学習者別のきめ細やかな指導が難しいことなどがある。したがって、以上のようなWeb-CAIの特性を考慮してCAIを設計しなければならない。

Web-CAIの場合、一般的にページ間を移動するしかたは学習者自身が決定する。そこで、学習者の振る舞いを追跡し、今後CAIコンテンツを改良していくためにも、学習履歴を保存する必要がある。学習履歴は、最低でも学習者がいつどのページへ移動したか、また、問題を含むページであれば、どのように解答したかという記録を保存しておく必要がある。本Web-CAIには、FORMタグとCGIプログラムによって、以上のような学習履歴を保存する機能を実装することとした。

3. システム概要

開発したWeb-CAIの全体的な構成を図1に示す。本Web-CAIは、CGIプログラムおよびCAIコンテンツ(HTML文書)からなる。したがって、本システムは、Webサーバ(httpdなど)を稼動しているサーバマシンであれば、OSに関わらずインストール可能である。現在、実験的に運用しているサーバマシンは、Pentium-Pro(200MHz)のDOS/V機であり、OSはWindowsNT Server 4.0、WebサーバソフトとしてIIS(Internet Information Server)を用いている。

3.1 CAIコンテンツ

CAIコンテンツとは、HTML文書、画像ファイルなどである。1998年末から1999年始めにかけて作成したCAIコンテンツは、HTML文書65ページ分である。内容は、C言語プログラミングのうち配列に関する部分である。図2にその内容を示す。「配列とは」、「宣言のしかた」、「使い方」、「1次元配列」、「多次元配列」、「文字型配列」および「練習問題」のパートに分かれている。図2の矢印のうち、黒く太い矢印は、各ページに貼り付け

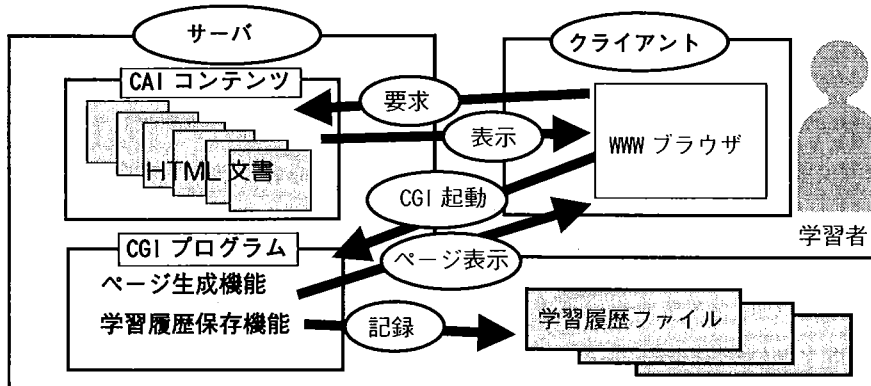


図1 システムの構成

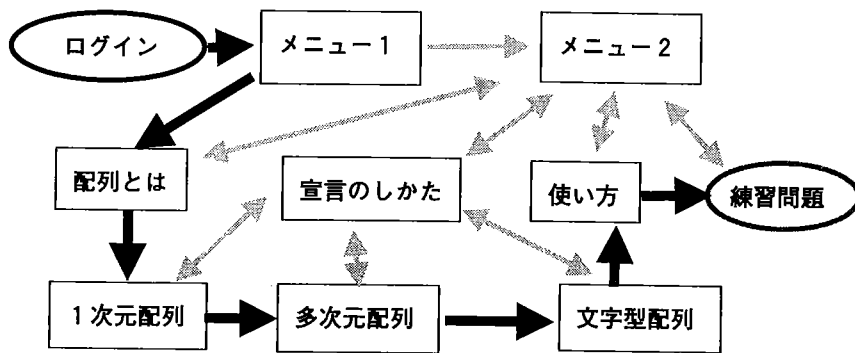


図2 CAI コンテンツの構成

ている「次へ」のボタンを押すことによって移動できる標準的なページ移動を表している。つまり、この矢印をたどりながら必要に応じてリンク先を参照することによって、「配列」を一通り学習できる。また、復習したり、あるいは、リファレンス的に使う場合は、細い灰色の双方向の矢印に従ってページ間を自由に移動することができる。

3. 2 CGIプログラム

図1に示したように、CGIプログラムは、クライアント側のHTML文書から起動され、ログイン処理、ページ間移動時の学習履歴保存、入力解答の正誤判定および学習履歴保存などを行なう。CGIプログラムはVisual C++ 5.0を用いて、C言語の32bitsのコンソールアプリケーションとして作成した。HTML文書とCGIとの関係および詳しいCGIの動作については、後述する。表1に、使用するCGIプログラムの名前、パラメータ、機能などを示す。

「login.exe」は、学習者が入力したユーザID（学生番号など）および次にすすむページのURLをパラメータとして受け取り、サーバ側でログイン処理をする。ログイン処理とは、第1に、学習者のユーザIDと学習者がその時点で使用しているIPアドレスの対応をファイルとして記録しておくこと、第2に、その学習者がログインしたという学習履歴を日時とともに記録することである。IPアドレスとユーザIDとの対応は、ユーザIDをファイル名とするファイル（中身はIPアドレス）およびIPアドレスをファイル名とするファイル（中身はユーザID）という2つのファイルに学習者ごとに記録される。

例えば、ユーザID「e04c166」という学生がIPアドレス「203.250.100.23」からログインすると、「e04c166」という名前のファイル（中身は203.250.100.23）および「203_250_100_23」という名前のファイル（中身はe04c166）の2つが作成される。この時、「e04c166」というファイルが既存ファイルならば、その中身のIPアドレスを名前とするファイルを削除し、「e04c166」の中身を「203.250.100.23」に書き換え、それから、新たに「203_250_100_23」というファイルを作成する。Web-CAIの利用者には、利用のたびにログイ

表1 CGI プログラム一覧

プログラム名	パラメータ	機能
Login.exe	ユーザ ID, 移動先 URL	ユーザ ID (学生番号) およびクライアントの IP アドレスの組み合わせをファイルとして HDD に記録。その学生のログファイルにログイン日時を記録して移動先 URL へ移動。
Move2.exe	移動先 URL	IP アドレスからユーザ ID を調べ, その学生のログファイルに移動先 URL, 移動日時などを記録。移動先 URL へ移動。
Eval.exe	入力解答, 暗号化された正答, 正答時 URL, 誤答時 URL	入力解答と正答を比較し, 正答時には正答時 URL へ, 誤答時には誤答時 URL へ移動。その学生のログファイルに, 入力解答, 正誤, 移動先 URL, 日時などを記録。

ン処理から始めるようにしてもらっている。これは、ノート PC でいろいろな場所からネットワークに接続するため、接続の度に異なる IP アドレスが割り当てられる可能性があるからである。

学習履歴は、学習者ごとに、「ユーザ ID. LOG」というファイル名で記録されるのだが、表 1 の「move2.exe」や「eval.exe」は、パラメータとして受け取る IP アドレスからユーザ ID を調べ、そのユーザ ID の学習履歴ファイルにログを記録しなければならない。このために、前述の「ユーザ ID」ファイルおよび「IP アドレス」ファイルを使用している。

「move2.exe」はページ間の移動を学習履歴ファイルに記録する。環境変数として受け取った IP アドレスから「IP アドレス」ファイルを用いてユーザ ID を調べ、そのユーザ ID の学習者の履歴ファイルに、移動先の URL および移動の日時を記録する。

「eval.exe」は、問題を含むページの解答欄に入力された 1 行の入力解答を正解と比較し、正誤に応じて異なるページに進む処理を行なう。また、「move2.exe」と同様にしてユーザ ID を調べ、そのユーザ ID の学習者の履歴ファイルに、入力された解答、正解、正誤 (○か×)、移動するページの URL、日時を記録する。

```

<FORM METHOD="GET" ACTION="/scripts/login.exe">
<STRONG><FONT COLOR="000099">学生番号:</FONT></STRONG>
<INPUT TYPE="text" NAME="id">
<INPUT TYPE="hidden" NAME="dest" VALUE="/array/menu.html">
<INPUT TYPE="SUBMIT" VALUE="login"><BR>
</FORM>

```

図3 フォーム例



図4 入力欄とボタン

```

<FORM METHOD="GET" ACTION="/scripts/move2.exe">
<INPUT TYPE="hidden" NAME="dest" VALUE="menu2.html">
<INPUT TYPE="SUBMIT" VALUE="次へ">
</FORM>

```

図5 フォーム

3. 3 FORM タグと CGI プログラム

ここでは、HTML 文書の中で使用する FORM タグについて具体的な例を用いて説明する。図3のリストは、ユーザ ID を入力して、CGI プログラム「login.exe」にわたす FORM タグの記述例である。また、図3の記述によってブラウザ画面に表示される部分を図4の左端に示す。図3の下線①の部分は、CGI プログラムにパラメータを渡す方式が「GET」（環境変数として渡す）であることを指定している。また、下線②は、サーバ側で起動される CGI プログラムが「login.exe」であることを示している。下線③は、次のページの URL である。

図5のリストは、ページ間移動を指定する FORM タグの記述例である。また、図5の記述によってブラウザ画面に表示される部分を図4の中央に示す。ページの移動は、FORM タグや CGI プログラムを使わなくても単に A（アンカー）タグだけで可能である。ここで、FORM タグと CGI プログラムを使用しているのは、学習履歴をサーバ側に保存するためである。下線①は、サーバ側で起動される CGI プログラムが「move2.exe」であることを示している。下線②は、次のページの URL である。

図6のリストは、問題の入力解答と正解とを比較し、正誤に応じた移動先を指定するための FORM タグの記述例である。また、図6の記述によってブラウザ画面に表示される部分を図4の右端に示す。下線①は、サーバ側で起動される CGI プログラムが「eval.exe」であることを示している。下線②は、暗号化された正解情報である。下線③は、正答時の移動先のページの URL、また下線④は、誤答時の移動先のページの URL である。

```

<FORM METHOD="GET" ACTION="/scripts/eval.exe">
  <INPUT TYPE="hidden" NAME="seikai" ①
    VALUE="GJHPJGFDFKFKQJMMUKIDNDBJNGGGQHFJLJTKIDBIOFN"> ②
  <INPUT TYPE="hidden" NAME="desto" VALUE="/array/declare/use/use_kaio.html"> ③
  <INPUT TYPE="hidden" NAME="destx" VALUE="/array/declare/use/use_kaix.html"> ④
  <INPUT TYPE="text" NAME="kaitou">
  <INPUT TYPE="SUBMIT" VALUE="判定">
</FORM>

```

図6 フォーム

```

LOGIN: from [200.250.150.83] at Mon Dec 14 19:54:16 1998
MOVE: to /array/what/what_hi.html at Mon Dec 14 19:54:33 1998
      ( 中 略 )
ANSWER: int a[3]={3,2,1}; for int a[3]={3,2,1}; (X) move to /array/
        declare/use/use_kaix.html at Mon Dec 14 20:33:21 1998

```

図7 学習履歴ファイル例 (部分)

3. 4 学習履歴ファイル

図7に学習履歴ファイルの例を示す。学習履歴ファイルの1行目は、この学習者が「1998年12月14日19時54分16秒」にIPアドレス「202.244.172.83」のノートPCからログインしたことを示している。また、2行目は、この学習者が、「1998年12月14日19時54分33秒」に「/array/what/what_hi/html」のページへ移動したことを示している。

また、最後の2行は、学習者が問題に答えている様子が記録されている。この学習者は、正解「int a[3]={3,2,1};」に対して「int a[3]={3.2,1};」と入力し、間違いであった(X)ことが記録されている。また、「1998年12月14日20時33分21秒」に「array/declare/use/use_kaix.html」のページへ移動したことを示している。

正しくログインせずにWeb-CAIのページを移動すると、その情報は、「UNKNOWN.LOG」という名前のファイルに記録される。

4. 評価と今後の課題

本Web-CAIシステムを本学産業科学技術学部ソフトウェア学科1年生に講義時間外に使用してもらい、記録された学習履歴の分析およびアンケートの結果から評価を行なった。学習履歴は71名分が記録されていた。一通りの学習をすると約50ページ閲覧することになるのに対して、71名の平均閲覧ページ数は38ページであった。自由に使用させた点を考慮すれば、よく利用されたと言える。

アンケート集計結果からは、(1)分かり易い、(2)問題の程度は適当、のように評価できる点と、(3)ページあたりの説明量が少なすぎる、(4)リンクの量が多すぎる、のような改善しなければならない点が明かになった。今回の試用によって、CGIプログラムは非常にうま

く動作することが分かった。一方、CAIコンテンツは、いまだ試作段階であり、今後とも追加作成および修正改善していく必要がある。

5. むすび

本学が開学してからの4年間の間に、WWWやチャットなどのインターネットツールをプログラミング教育に活用する実験授業を毎年行ってきた。それらの実験授業に対する調査分析から自学自習用のCAIの必要性が明かとなり、昨年末からCAIの開発を行なっている。このCAIはWeb上で使用するWeb-CAIである。また、FORMタグとCGIプログラムによって、学習履歴をサーバ側に保存する機能や、問題に対する学習者の解答の正誤に応じて指定したページに移動する機能を実現した。

現在用意しているCAIコンテンツは、Cプログラミングのうち配列に関する部分のみであるが、今後内容を追加していきたい。また、学習履歴を分析することによって問題点を洗い出し、CAIコンテンツのみならずCGIプログラムにも改良を加え、より実用的で役に立つWeb-CAIシステムにしていきたい。

今後は、Web-CAIの問題点である対話的なインターフェースについて研究するとともに、実際的なシステムを設計、実装していきたい。

参考文献

- 1) 梶浦：プログラミング教育へのインターネットツールの活用，平成8年度情報処理教育研究会講演論文集（1996. 12）
- 2) 梶浦：プログラミング教育へのインターネットツールの活用(2)，平成9年度情報処理教育研究会講演論文集（1997. 10）
- 3) 梶浦：プログラミング教育へのインターネットツールの活用(3)，平成10年度情報処理教育研究会講演論文集（1998. 10）
- 4) 梶浦：LANを活用したプログラミング教育，倉敷芸術科学大学紀要2（1997. 3）
- 5) 梶浦：LANを活用したプログラミング教育(2)，倉敷芸術科学大学紀要3（1998. 3）
- 6) 梶浦：LANを活用したプログラミング教育(3)，倉敷芸術科学大学紀要4（1999. 3）

A Web-CAI System for Programming Education

Fumio KAJIURA

Dept. of Computer Science and Mathematics, College of Science and Industrial Technology,

Kurashiki University of Science and the Arts,

2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan

(Received September 30, 1999)

For four years, the author has suggested a new programming learning environment where students can anytime connect his / her note-PC to the campus network and can exercise and learn programming using BBS, WWW etc. This paper reports on a Web-CAI system for programming education which he has been developing since last year. Web-CAI system is a server-client CAI system. CAI system is installed on a Web server and students can use CAI system from a client PC connected to the network. The CAI system consists of CGI programmes and CAI contents (HTML documents, image files etc). CGI programmes are invoked on the web server (httpd etc) and save the learning log to server's HDD. In addition, CGI programmes check the learner's answers to the questions from the Web-CAI system and determine the next page to move to according to the correction of the learner's answer.