

WWW を利用した C 言語演習環境の構築

大森 克史・新開 純子*・北野 孝一†

(2000年8月31日受理)

Development of the Environment for the C Programming on WWW

Katsushi OHMORI, Junko SHINKAI and Koh-ichi KITANO

Abstract

In this paper, we propose a C language learning system using WWW. This system consists of the *web-based* compiler system and report system. Our system allows the beginners to edit and compile C programs, and to make and submit report easily.

キーワード：Cプログラミング, オープン学習環境, レポートシステム, WWW, CGI

Key words : C programming, open learning environment, report system, WWW, CGI

1 はじめに

インターネットとコンピュータの普及に伴い、コンピュータ活用能力が要求されるようになり、コンピュータリテラシー教育が大学、短大、高専等で文系・理系を問わず行われている。その指導内容は文書作成、表計算、電子メール、インターネットによる情報検索・情報発信等であり、広義の情報教育と考えられる。一方、専門教育としての情報教育においても、従来のコンピュータ概念教育やプログラミング教育等の狭義の情報教育（情報処理教育）の他に、コンピュータリテラシー教育やネットワーク技術教育が導入されるようになってきた。

しかしながら、プログラミング教育は依然として PC やワークステーションの統合ソフトまたはコマンドラインを使って、プログラミング演習室等のクローズな環境で行われている。このような環境は、演習時間や演習場所に制限があり、学生の自主的な学習活動を支援しているとは言えない。

そこで、本研究ではインターネットとその周辺技術を積極的に利用して、Cプログラミングのオープンな学習環境を提供する。

プログラミング環境に関連した研究として、ワープロソフト、表計算ソフト、グラフィックソフト、メールソフト、データベース等からなるオフィスツール Applixware を利用した電子ノート・電子教科書が利用できる学習システム [12] や教材の受け取り、メモ書き、教師

への質問といった講義時の行為を計算機上で支援する予習・講義・復習支援システム [7] 等が発表されている。これらはネットワーク接続されたサーバクライアント方式で構成されているが、特に WWW を利用したシステムではない。

また、WWW を利用した C 言語学習システムとしては、WWW ブラウザ上に提示された C プログラムの中の空欄をスクロールリストから選択する形式の問題に対する評価システム [13] も発表されているが、このシステムはプログラムの文法的側面に重点が置かれ、コンパイル、エラーメッセージの理解とデバッグ作業や実行結果の確認などのプログラミングのリアルな体験ができない欠点があると思われる。

一方、講義支援やレポート提出等のシステムも多く発表されている [1,8,11,14,21]。これらのシステムでは、学習者からは自宅からのレポート提出の利便性、教師側からは出席管理やレポート管理の手間の軽減が評価されている。

レポート提出システムの多くは、電子メールの添付書類を利用している。この方法では、教師は送られてきた添付書類の後処理（ファイル変換、圧縮ファイルの展開等）を行わなければならない。また、この方法ではレポートの形式が不統一であるため、教師にとってはレポートの閲覧・採点が非常に煩雑な作業となる。一方、学習者にとってはレポートが受理されたかどうか容易に確認できないという問題¹⁾もある。

* 富山商船高等専門学校情報工学科

† 富山国際大学地域学部地域システム学科

1) 例えば、Outlook Express 5 では、開封確認メッセージを利用することにより、レポートの受理（メールの受理）を確認することができる。

本システムは、学習者に対し WWW 上での C プログラムの作成、コンパイル、デバッグ、実行結果の表示などの通常のプログラミング作業を可能にする演習環境を提供している。さらに、本システムは電子メールを利用したレポート提出システムの問題点を解決し、WWW 上でレポートの課題閲覧からレポートの作成・提出・評価閲覧等を可能にしている。

以下に本論文の構成を述べる。2 節で WWW を利用した学習環境の意義について述べる。次に 3 節で C 言語学習環境に必要な要素を述べる。さらに、4 節では具体的なシステム構成とその概要を示す。5 節では、実際に実装したシステムを用いて、アンケート調査と同時接続数に対するレスポンスタイムを計測した結果を示す。最後に今後の課題を示す。

2 WWWを利用した学習環境の意義

インターネットの普及に伴い、WWW は情報提供手段として広く利用されている。WWW はインターネット上の情報をハイパーテキストとして参照できるようにしたシステムであり、利用環境に依存することなく、マルチメディア情報を検索・発信できる環境を提供する。WWW には、(1) 画像・音声等を含むハイパーテキストが扱える (2) テキストや画像にリンクを張ることで、他の情報にアクセスできる (3) CGI により、対話的なページを作ることができる (4) 利用環境に依存することなく、異機種間でもデータの通信が可能である、などの特徴がある。このように優れた特徴を持つ WWW を利用して、数学教材の電子教科書 [16]、WWW を用いた個人適応型 CAI システム [15] などが提案され、WWW の教育利用としての可能性が広がっている。

WWW 上に学習環境を構築する利点として、次のようなことが考えられる。

- (1) Netscape や Internet Explorer などの WWW ブラウザをシステムのインターフェイスとして利用することができる。そのため、特に学習者とのインターフェイスを構築する必要がない。
- (2) ワークステーションからパソコンまで幅広いプラットフォームで利用することができる。そのため、システムの機種依存性の問題が無い。
- (3) システムの更新は、サーバ上のシステム更新だけでよく、修正はすぐに学習者に反映される。
- (4) CGI を用いて対話型学習機能を実現することができる。
- (5) 学習者はインターネットを利用して、いつでもシステムを利用することができる。

このような利点をもつ WWW を利用した学習環境は、時間・場所の制約のないオープンな学習環境を学習者に提供することができ、学習者の自主的な学習活動を支援する。さらに、CGI などを利用することにより、イン

タラクティブな学習環境を提供することができる。

このように、WWW を利用した学習環境は新しい学習形態を実現し、従来の学習環境以上の教育的効果が期待できる。

3 C言語学習環境

学習者にとって利用しやすい学習環境とはどのような環境であるかを考えてみた。学習者が求める環境としては、

- [S1] UNIX 等のプログラミング以外の予備知識をあまり必要としない環境
 - [S2] ユーザインターフェイスが優れている環境
 - [S3] C 言語文法等に関するヘルプ機能がある環境
 - [S4] プログラム作成・コンパイル・実行・デバッグが行える統合環境
 - [S5] 時間や場所の制約がないオープンな学習環境
 - [S6] レポートのオンライン提出ができる環境
- などが考えられる。

一方、教師が求める環境としては、

- [T1] 学習者の学習履歴管理ができ、履歴情報をもとに学習指導ができる環境
 - [T2] 教材等の提示ができる環境
 - [T3] レポートのオンライン評価ができる環境
- などが考えられる。

本稿で提案するシステムは、上記の機能の中の [S1] [S2] [S4] [S5] [S6] [T2] [T3] に焦点をあて、C プログラムの編集・コンパイル・実行、レポート編集・提出・評価を WWW 上で行う統合環境を学習者に提供する。

4 C言語演習システム

4.1 システム設計

WWW を利用した C 言語演習システムは、学習者が効率よく学習できるように、ブラウザ上の同一画面ですべての操作が行えるように設計されている。システムの構成を図 1 に示す。

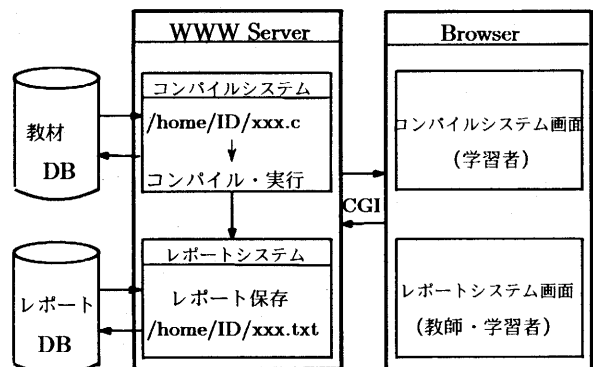


図 1 C 言語演習システムの構成

本システムはコンパイルシステムとレポートシステムで構成されており、学習者は WWW ブラウザを通して、ユーザ ID、パスワードを入力した後、システムを利用することができる。

コンパイルシステムは、C 言語のプログラム作成・コンパイル・実行等をコマンドを使用することなく行える学習環境を学習者に提供する。一方、レポートシステムは、レポートのオンライン提出、評価環境を学習者と教師に提供する。

C 言語演習システムでは、C プログラムのコンパイル・実行およびレポートの提出・評価等の管理は、WWW サーバの CGI 機能で行われている。本研究では、CGI スクリプトを Perl 言語または Shell で記述している。

サーバマシンはパーソナルコンピュータ Dell Power-Edge 1300 (CPU : Pentium III 450MHz, Memory : 256 MB, OS : Turbo Linux Server 1.0, HTTP Server : Apache 1.2.6, C Compiler : GNU C) を用いた。

一方、ブラウザは Netscape 3.0, Internet Explorer 4.0以上を対象とする。

4.2 コンパイルシステム

4.2.1 コンパイルシステムの概要

コンパイルシステムは、UNIX のコマンドを使用することなく、プログラムの作成・コンパイル・実行の統合環境を学習者に提供する。さらに、従来 OHP や黒板等で提示していた C プログラミングの例題および演習問題も提示する。

本システムのコンパイル方式は、CGI 機能を利用したサーバ・クライアント型になっている。コンパイルシステムは、学習者がブラウザ上のコンパイルシステム画面で編集した C プログラムを、FORM を処理する CGI スクリプトを使って、WWW サーバ上の学習者ディレクトリに保存する。次に、保存されたソースファイルを学習者ディレクトリでコンパイル・実行して、コンパイルエラーメッセージ及び実行結果をブラウザに表示する。以下に、コンパイル・実行を行うための HTML ファイル [P1] と、それに対応する CGI スクリプト [P2] の一部を示す。なお、CGI スクリプトは Shell で記述されている。

[P1] HTML ファイル

```
1: <HTML>
2: ...
3: <BODY>
4: ...
5: <FORM METHOD="POST"
   ACTION="/cgi-bin/uncgi/sample.cgi">
6: <INPUT TYPE="HIDDEN"
   NAME="PATH" VALUE="TOYAMA">
7: <INPUT TYPE="TEXT" NAME="FILE">
```

```
8: <INPUT TYPE="TEXT" NAME="INPUT">
9: <INPUT TYPE="SUBMIT" VALUE="Run">
10: ...
```

[P2] CGI スクリプト

```
1: #!/bin/sh
2: echo "Content-type: text/html"
3: echo ""
4: ...
5: cd $WWW_PATH
6: gcc -o $EXE $WWW_FILE 2>&1 &ERR -lm
7: if [ -e $EXE ]
8: then
9:   if [ "$WWW_INPUT" != "" ]
10: then
11:   $EXE < $WWW_INPUT
12: else
13:   $EXE
14: fi
15: fi
16: ...
```

[P1] の HTML ファイルは、FORM に入力された C プログラムのソースファイル名 (FILE)、入力データファイル名 (INPUT)、学習者ディレクトリ名 (PATH) を、Run ボタンで CGI スクリプトへ送り、その CGI スクリプトを実行する。FORM 処理用の CGI スクリプトでは、ブラウザが FORM 入力をサーバに送出する際の形式である URL エンコードデータ [19] をデコードする必要がある。そこで、その処理を行うために uncgi プログラムを用いた。uncgi を利用するために、FORM を 5 行目のように記述する。

また、uncgi を用いているため、[P2] の CGI スクリプトに送られた変数名の前には、WWW_ という文字列が追加される。[P2] の 5 行目では、学習者のディレクトリ (\$WWW_PATH) でコンパイル・実行が行えるようにするために、学習者のディレクトリをワーキングディレクトリにする。6 行目では、FORM 入力された C プログラムのソースファイル (\$WWW_FILE) のコンパイルを行い、実行ファイル (\$EXE) を作成する。7 行目から 15 行目では、C プログラムが入力データを必要とする場合は 11 行目でプログラムが実行され、そうでない場合は 13 行目で実行される。

学習者は、学習画面 (図 2) 上で C プログラミングを行う。学習画面はメニューウィンドウ、編集ウィンドウ、表示ウィンドウの 3 つのウィンドウからなり、メニューウィンドウのメニューには、レポート作成、利用説明、演習問題、初期画面、新規作成、ファイル選択、削除が用意されている。各メニューの機能を表 1 に示す。学習者はメニューウィンドウの新規作成またはファイル選択

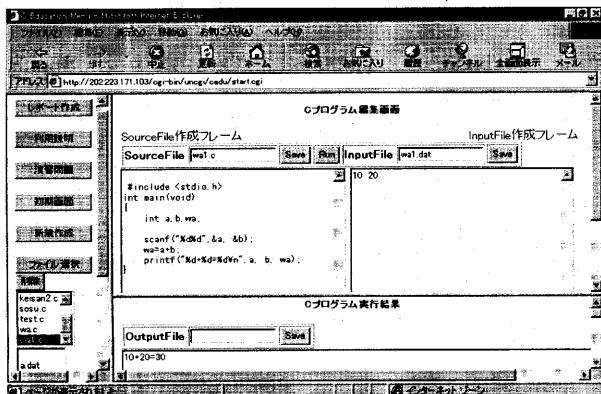


図2 学習画面

を選択し、編集ウィンドウでCプログラムを編集する。編集されたCプログラムは、編集ウィンドウ内のSaveボタンで学習者のディレクトリにファイル保存され、Runボタンで実行される。コンパイルエラーや実行結果は表示ウィンドウに表示される。このように、コンパイルシステムは同一画面上で、Cプログラムの編集から実行までを行うことができる統合環境を学習者に提供している。

しかし、コンパイルシステムはFORMを処理するCGI機能を利用しているため、標準入力関数 (scanf 関数等) によるキーボード入力は不可能である。そこで、データ入力は入力ファイルを利用する。なお、学習者は入力データを、編集ウィンドウのInput File作成フレームで編集する。

メニュー	内 容
レポート作成	レポートシステムを起動する。
利用説明	コンパイルシステムのマニュアルを表示ウィンドウに表示する。
演習問題	Cプログラムの基本例題と関連した演習問題を提示する。
初期画面	コンパイルシステムの初期画面にする。
新規作成	Cプログラム、入力データの新規作成を行う。
ファイル選択	既存のソースファイル、入力データファイルをスクロールリストからロードし、編集可能にする。
削除	スクロールリストから選択されたファイルの削除を行う。

表1 メニュー一覧

4.2.2 演習問題

メニューの演習問題を選択すると、Cプログラムの基本項目 (変数と計算, 分岐, 繰り返し, 配列, 関数等) の例題と演習問題が別のウィンドウに表示される。学習

者は例題を理解した後、その例題を参考に演習問題のプログラムを作成する。

演習問題には、アルゴリズムを考える上でのヒントやプログラム実行時のチェック項目等を明記し、学習者の自主的な学習ができるようにした。以下に演習問題の一例を示す (図3)。

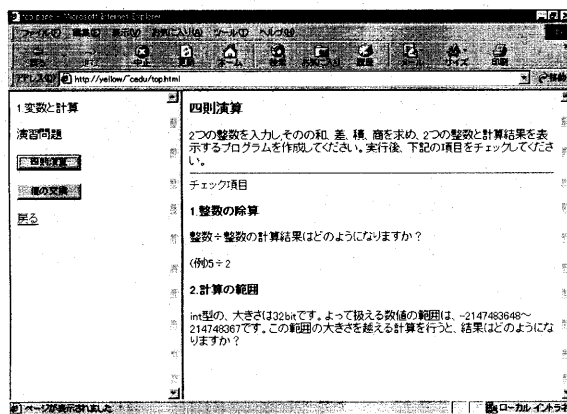


図3 演習問題画面

4.3 レポートシステム

4.3.1 レポートシステムの概要

レポートシステムは、電子メールを利用したレポート提出の問題点を解決し、レポートの課題提示からレポートの作成・提出・再提出・評価までの一連のプロセスをWWW上で可能にしている。

扱うレポートとしては

1. テキストのみのレポート
2. グラフ・画像等を含むレポート

を対象とする。

テキストのみのレポートは、拡張子.txtで作成し、一方、表やグラフ等を含むレポートは、それらをGIFまたはJPEG形式の画像ファイルに変換後、HTMLファイルにタグで挿入する。

4.3.2 レポートシステムの機能

レポートシステムは教師、学習者、管理者に次のような機能を提供する。

1. 教師側
 - (a) 課題登録
 - (b) レポートの評価・提示
2. 学習者側
 - (a) 課題閲覧
 - (b) レポートの作成・保存, 提出・再提出
 - (c) レポートの受理確認
 - (d) レポートの評価閲覧
3. 管理者側
 - (a) 教師・学習者の登録
 - (b) ファイル管理

レポートシステムの機能は、課題提示機能、レポート編集・提出機能、レポート評価機能の 3 機能に大きく分けられる。以下にその機能について説明する。

(1) 課題提示機能

課題登録画面 (図 4) で、教師は課題登録を行い、学習者は課題一覧画面 (図 5) でその課題を閲覧する。教師は課題の対象学年、教科名、タイトル、提出期限、課題内容を入力し、課題の登録を行う。登録された課題は、学習者側の課題一覧画面に表示される。

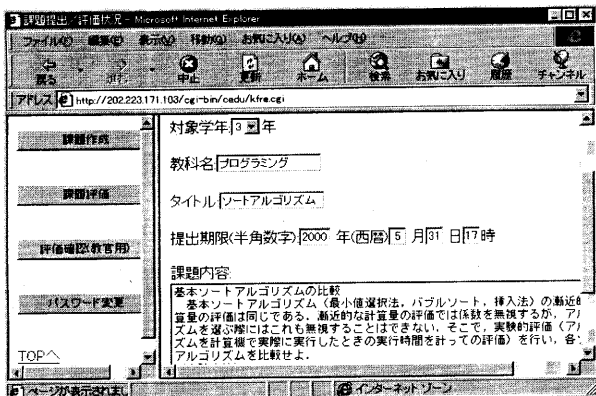


図 4 課題登録画面

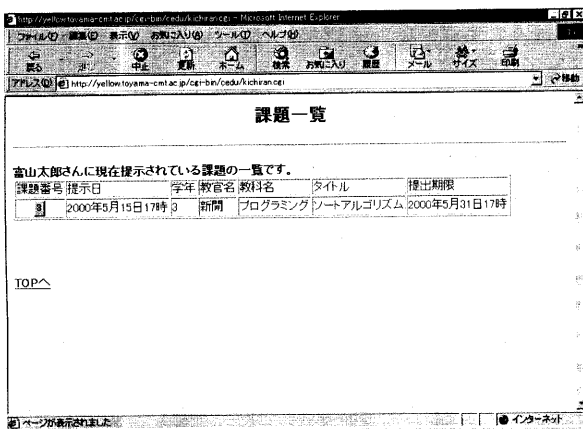


図 5 課題一覧画面

(2) レポート編集・提出機能

学習者は次の 2 種類の方法でレポートの編集・提出を行う。

[R1] レポートシステム上でのレポート編集・提出

[R2] エディタで作成したレポートの提出

[R1] の場合、学習者はレポートフォーム (図 6) でレポートの編集を行う。なお、ソースプログラムは添付ファイルとして送ることにより、WWW 上のレポートに自動的に展開される。

[R2] で作成されたレポートについては、ブラウザのアップロード機能を利用してレポート提出を行う (図 7)。

どちらの提出方法にも、レポート提出時に、提出日時、タイトル、名前等が自動的に追加されたレポートのイメージ (図 8) が提示される。学習者は、レポートイメージを確認した後で、レポートの提出をおこなう。

レポート提出には、提出期限後の提出やレポートの再提出を認めない制約を設けた。

以下に、ブラウザのアップロード機能を利用するための HTML ファイル [P3] とそれに対応する CGI スクリプト [P4] のプロトタイプを示す。

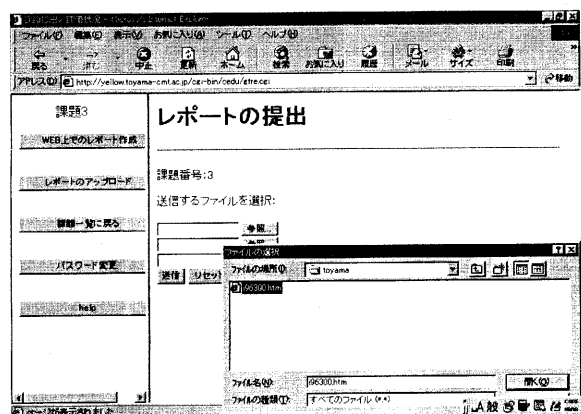


図 7 レポート提出画面

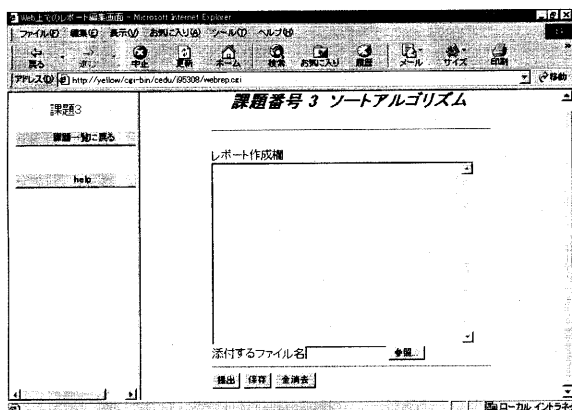


図 6 レポートフォーム

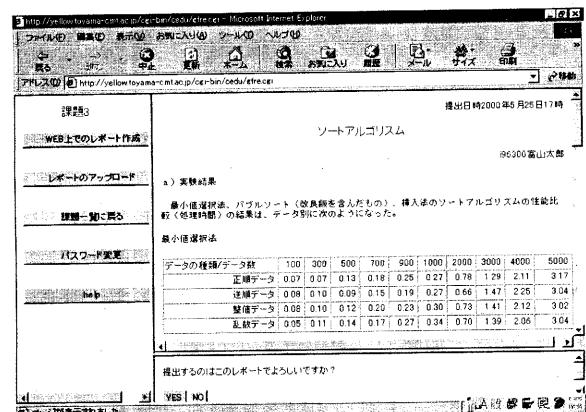


図 8 レポートのイメージ画面

[P3] HTMLファイル

```

1: <HTML>
2: ...
3: <BODY>
4: ...
5: <FORM ACTION="/cgi-bin/upload.cgi"
  ENCTYPE="multipart/form-data"
  METHOD="POST">
6: ユーザ名:
  <INPUT TYPE="text" NAME="user"><P>
7: 送信するファイルを選択:
  <INPUT TYPE="file" NAME="input_file">
  <P>
8: <INPUT TYPE="submit" VALUE="送信">
9: <INPUT TYPE="reset" VALUE="リセット">
10: ...

```

[P4] CGIスクリプト

```

1: #!/usr/bin/perl
2: use CGI_Lite;
3: $cgi = new CGI_Lite;
4: $cgi->set_directory ("/upload")
  || die "ディレクトリなし";
5: $cgi->set_platform("Unix");
6: $data = $cgi->parse_form_data;
7: print "Content-type: text/plain",
  "\n\n";
8: if($cgi->is_error){
9:   $error_message =
     $cgi->get_error_message;
10:  print <<End_of_Error;
11:   アップロード処理にエラー発生
12:   $error_message
13:   End_of_Error
14: }
15: else {
16:  print "$$data{user}の
     ファイルのアップロード完了";
17: }
18: exit 1;

```

[P3]では、ファイルをアップロードするために、5行目のFORMタグでENCTYPE属性（ファイル内容をサーバ側に送り出すときのエンコードタイプを定義するもの）を指定する。さらに、7行目のINPUTタグで送り出すデータがファイルであることを指定するために、TYPE属性を"file"とする。このタグを指定することにより、自動的に参照ボタンが表示され、ファイルが選択できるようになる。

[P4]のCGIスクリプトでは、CGI_Liteモジュール[18]を利用してファイルのアップロードを行う。4行目の"/upload"は、アップロードファイルを保存するディレクトリである。5行目の"Unix"は、改行文字を調整するためのサーバのプラットフォームである。6行目ではフォームデータを解析して\$dataにセットしている。8行目以降はエラーチェックを行い、エラー処理等を行っている。

(3) レポート評価機能

レポートが受理されると、レポート提出状況画面（図9）の学習者氏名一覧表に○印が表示され、その学習者のレポート評価画面にリンクが張られる。未提出には×印が表示される。

教師はレポート評価画面（図10）の右上ウィンドウのレポートを参照しながら、右下ウィンドウで評価を行う。評価はA～Eの5段階評価であり、レポートに対するコメント等を記入できる。E評価は再提出を意味し、レポートの再提出が認められる。

一方、学習者は教師の評価を同様な画面で閲覧することができる。

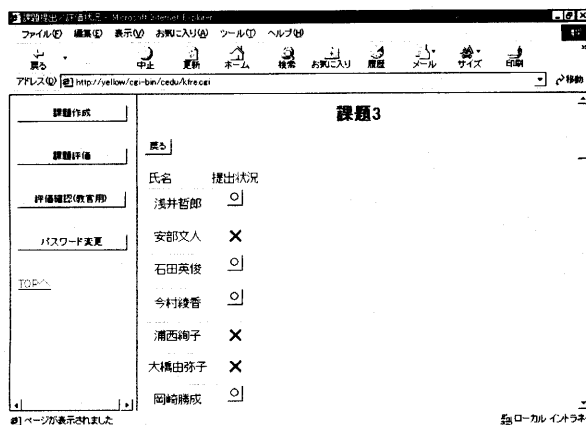


図9 レポート提出状況画面

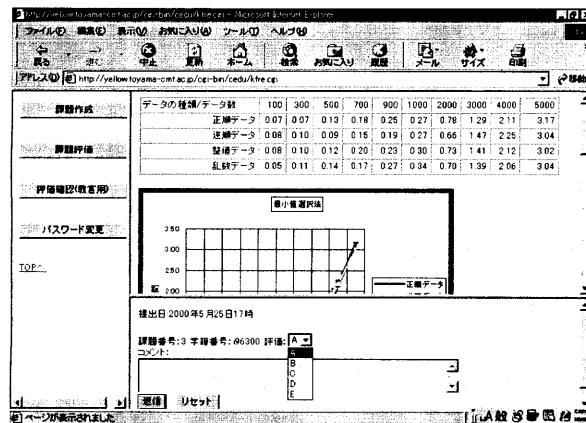


図10 レポート評価画面

5 システムの評価

本システムの評価を行うために、アンケート調査と同時接続数に対するレスポンスタイムを計測した。被験者は、コンピュータリテラシー教育を終えた富山商船高等専門学校情報工学科3年25名と富山大学教育学部情報教育コース2、3年21名である。

5.1 コンパイルシステムの評価

被験者にコンパイルシステムの利用説明メニューを参照しながら、簡単なプログラムの作成から実行までの一連の作業を行ってもらった。その後、次のようなアンケートを実施した。

アンケート(1)

問1 システムは使いやすいですか？

問2 C言語演習環境としては良い環境ですか？

問3 演習問題はわかりやすいですか？

問4 今後、このシステムを利用したいですか？

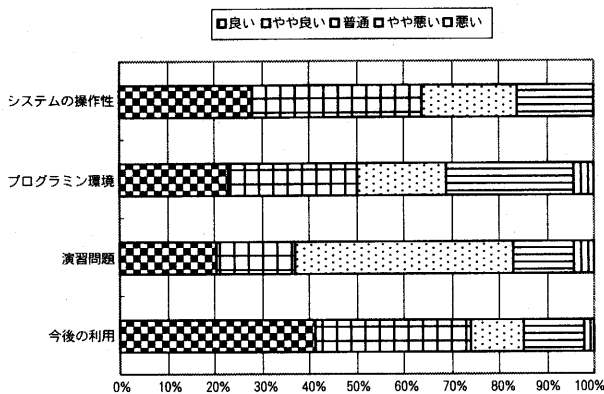


図11 コンパイルシステムのアンケート結果

アンケート調査の結果(図11)、64%の被験者が本システムが使用しやすいと回答し、50%の被験者がプログラミング演習環境としては良い環境であると回答した。さらに、74%の被験者が今後このシステムを利用したいと答えた。この結果から、本システムは使いやすく、学習環境としては有効であると言える。

被験者からは「Run, Save ボタンで実行等ができることが便利である」、「入力データも同一画面に表示されるので良い」などの意見があった。一方、「プログラム編集が面倒である」、「キーボードからデータ入力ができないのは面倒である」などの否定的な意見もあった。これらは、プログラム編集・コンパイル・実行にFORMを処理するCGI機能を用いているために起こる問題点である。これはWWWを利用したコンパイルシステムの欠点である。

つぎに、あるCプログラムに対して、実行ボタンを押

してから実行結果が表示されるまでの時間(レスポンスタイム)を計測した。その際、実行ボタンを押すタイミングはほぼ同時に行った。実験環境等は以下のとおりである。

ネットワーク環境 : 10BASE-T
 同時接続数 : 5, 10, 15, 20, 25
 プログラムサイズ : 32ステップ(432バイト)
 スタート時の許容誤差 : 1秒

測定の結果を図12に示す。図12より、同時接続数の増加につれて、レスポンスタイムのレンジが広がっていることがわかる。同時接続台数が25の場合、レスポンスタイムの最小値は1秒、最大値は9秒であった。9秒のレスポンスタイムは特に速くはないが、1クラス40人のプログラミング演習においては、学習者の問題解析時間やシステム利用時間等に差が生じることを考慮すれば、実用上問題がないと思われる。

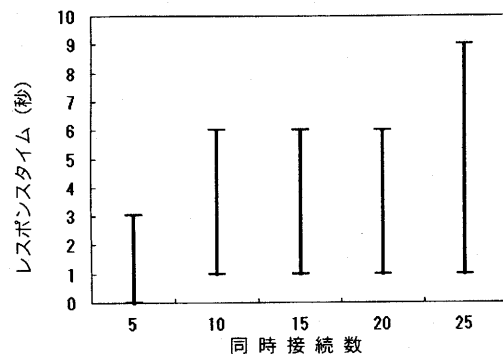


図12 レスポンスタイム

5.2 レポートシステムの評価

本システムの使用感を調べるために、被験者に本システムを使用して、「基本ソートアルゴリズムの性能比較」のレポート提出を行ってもらった。その後、次のようなアンケートを行った。

アンケート(2)

問1 システムは使いやすいですか？

問2 レポート作成は容易になりましたか？

問3 レポートシステムは便利ですか？

問4 今後、このシステムを利用したいですか？

アンケート調査の結果(図13)、80%の被験者がレポートシステムによるレポート提出は便利であり、68%の被験者が今後システムを利用したいと答えた。これにより、レポートシステムは被験者にとって、ほぼ満足できるシステムであると言える。

レポートの作成・提出方法としては、ほとんどの被験者がワープロソフトやビジネスソフトで作成し、そのレ

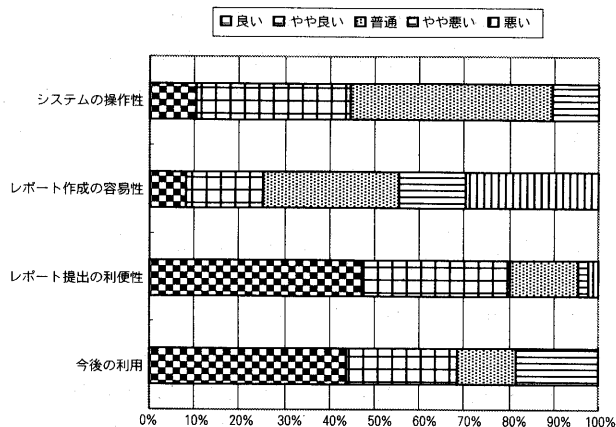


図13 レポートシステムのアンケート結果

ポートをブラウザのアップロード機能を用いて提出した。

被験者の意見としては、「HTMLでレポートを記述することは、従来のレポート作成に比べて面倒である」などの不評意見があったが、HTML変換機能付きエディタを利用することにより、これは解消されると思われる。一方、「レポート提出状況が表示されるのは便利である」などの意見から、レポート提出の確認が容易になったと言える。

6 おわりに

アンケート調査の結果、約7割の被験者から「今後このシステムを利用したい」という回答を得ることができた。一方、同時接続数の増加に伴い、レスポンス時間のレンジが広がることや、FORMを処理するCGI機能を用いているために起こる欠点等も明らかになった。しかしながら、本システムは、インターネットを利用したCプログラミングに関する実用的なオープン学習環境を実現している。

一般に、WWWアプリケーションのレスポンスは、サーバの処理能力とネットワークの通信速度に依存する。そのため、本システムの実用化に向けて、今後は同時接続数に対するサーバのCPU負荷の時間変化、ネットワークのトラフィックの時間変化等を調査する必要がある。また、ファイル管理に関するセキュリティの強化、課題・評価のデータベース化、学習履歴機能の付加等のシステムの充実も必要である。

参考文献

- [1] 安齊公土, 古澤康介, 三宅修平: 実習支援データベースシステムの開発と運用, 平成11年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.653-656 (1999).
- [2] 石崎夕佳里: Webを利用したレポートシステムの開発, 平成11年度富山大学教育学部卒業論文 (2000).
- [3] 磯本往雄, 小島誠, 木村吉男, 石桁正士: FORT-RANプログラミング演習授業支援のためのCAI, CAI学会誌, Vol.5, No.1, pp.45-58 (1987).
- [4] 岡崎泰久, 渡辺健次, 近藤弘樹: WWWを利用した知的CAI, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.5, pp.1304-1307 (1997).
- [5] 岡本敏雄: ネットワーク下における学習環境のデザインシステム, 信学技法 ET93-60, pp.27-34 (1993).
- [6] 岡本敏雄, 松田昇, 安田恭一郎: アルゴリズム診断機能を有するCプログラミング学習, CAI学会, Vol.11, No.2, pp.63-74 (1994).
- [7] 角田博保, 赤池英夫: 予習・講義・復習支援システムの試作, 平成11年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.649-652 (1999).
- [8] 菊池康文: WWWを利用した講義支援システムの開発, 平成11年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.635-637 (1999).
- [9] 新開純子, 大森克史: WWWを利用したC言語演習システムの開発, 日本教育工学会第15回大会講演論文集, pp.545-546 (1999).
- [10] 新開純子, 石崎夕佳里, 大森克史: WWWを利用したプログラミング教育支援システムの開発, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 D-15-3, pp.206 (2000-3).
- [11] 菅沼明, 藤本竜之介, 峯恒憲: Webを用いた講義支援システムの開発とその適用, 平成11年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.631-634 (1999).
- [12] 高橋参吉, 松永公廣: プログラミング学習のための電子学習環境の構築, 日本教育工学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.155-165 (1999).
- [13] 田中始男, 瀬川健, 小林富士男, 美咲隆吉: WWWを利用した問題提示及び評価システムの開発, 平成9年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.365-366 (1997).
- [14] 長島忍, 小林悦雄, 早瀬光秋: 教育用イントラネット EDWINにおけるCGIの開発と試行教育, 平成10年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.471-474 (1998).
- [15] 仲林清, 小池義昌, 丸山美奈, 東平洋史, 福原美三, 中村行宏: WWWを用いた知的CAIシステム CALAT, 電子情報通信学会, Vol.J80-D-II, Vol.4, pp.906-914 (1997).
- [16] 中村直人, 小林政尚, 宮原一弘, 竹内誠: 数学学習環境におけるマルチメディアネットワークを活用した電子教科書の設計, 教育システム情報学会誌, Vol.12, No.1, pp.39-51 (1995).
- [17] 松本正巳, 西守克巳, 川田重夫: WWWシステムを用いた数値シミュレーション支援環境の構築, 日本計算工学会論文誌, Vol.1, pp.57-62 (1999).

- [18] 三島俊司：CGI のための実践入門Perl, 技術評論社 (1998).
- [19] ローラ・リメイ：続・HTML 入門—新機能, CGI, Web の進化, トップラン (1996).
- [20] 米倉徹：C 言語学習を支援する WWW 教材の開発とその評価, 平成10年度富山大学教育学部卒業論文 (1999).
- [21] 和田悟：電子メールレポートのホームページ自動掲載, 平成10年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.457-459 (1998).