# Web 技術を用いたプログラミング学習環境の構築

井ノ本 喜彦\*1,甲斐 宗徳\*2

Construction of Programming Learning System with Web Technologies

Yoshihiko INOMOTO<sup>\*1</sup>, Munenori KAI<sup>\*2</sup>

**ABSTRACT** : For the beginner of programming, just by actually performing a series of work of writing, compiling and executing a program, the result of sufficient study is produced. When writing a program, various description to get the same execution result is possible. It is thought that only the choice-one-of-options-type questions and fill-in-the-blanks-type-questions which many e-learning systems have adopted are not adequate as a valuation method of programming study. Therefore, even if an answer in a blank filled by student is not model answer, and if the output result obtained by compiling and executing the whole program is correct, then e-learning system for programming study is expected to judge it as the correct answer. We developed such an e-learning system that enables a student to describe a correct program freely. Moreover, functions, such as problem creation support, score determination support, automatic grading, and student management, were also given so that conveniently also for the teacher who sets a problem. Our system corresponds to and programming study of Java, C and C++.

Keywords : Web based training, Programming study, Java, C, C++

(Received March 25, 2005)

## 1.はじめに

インターネットの普及とともに web アプリケーション が発達し,情報収集に時間と場所を割く必要がなくなり つつある。それは学習にも影響を及ぼし、講義資料を web 配布する機会も多くなった。また資料だけでなく,選択 式の解答を行って自動採点してくれる web サイトを構築 することは比較的容易なこととなってきた。一方,プロ グラミングの授業はソースを書いて実行するまでを実際 に行わなければ技術の習得につながらない。プログラム では,同じ実行結果を得るのに何種類の記述も可能であ るため,多くの e-learning システムが採用している選択 式や,記入した解答が正解と完全一致する方式では不十 分と考えられる。プログラムとして正しい論理構造にな っていて,正しい結果を与えるプログラムであれば正解 と判定する方法が必要である。そこで,本研究では,学 習者が穴埋めしたり作成したりしたプログラムについて, 模範解答と完全一致で正解または不正解の判定をするの

\*2 情報処理専攻助教授(kai@st.seikei.ac.jp) Associate Professor, Dept. of Information Sciences ではなく、コンパイルおよび実行して得られた出力結果 によって正解を判断し、学習者に自由なプログラミング を可能にさせるようなプログラミング学習ソフトの開発 を行った。サーバ側でコンパイルおよび実行を行うと、 同時学習者数が多くなるとサーバにかかる負担が大きく なってしまう。それを回避するために、コンパイルおよ び実行は学習が使用しているクライアント側で行うよう にする。また問題を出題する教員にとっても便利なよう に、問題作成支援、配点決定支援、自動採点、学習者管 理などの機能も持たせることにした。本システムは Java、 C、C++のプログラミングに対応でき、使用する学習者に 基礎的なプログラミング能力を身につけさせることを目 的とする。

#### 2.学習者側システムの概要



<sup>\*1</sup> 経営・情報工学科学生(現:日立ビジネスソリューション)

学習者は管理者から指定された学習者 ID,パスワード を図1のログイン画面で入力し,その後,図2の上段の メニューから,学習したいプログラミング言語の種類や, 質問用の掲示板,使い始めに必要な設定などの項目を選 択することができる。



図2 メニュー選択画

特にこのシステムを初めて使用する時には,メニュー から「設定」を選んで図2のページに行き,パスワード 変更を行う。本システムでは,学習者の解答の正解・不 正解を判定するために,プログラムをコンパイルおよび 実行するが,これをサーバ側で行うと,多数の学習者が アクセスするときサーバにかかる負荷が非常に大きくな り 結果的に学習者の学習を妨げることになる。そこで, 本システムでは,コンパイルや実行はアクセスするクラ イアント PC で行えるようにしている。そのために,図 2の右側のフレームで,無償のコンパイルおよび実行環 境を選択してダウンロードし,自分のマシンに必要なイ ンストールを行うことができるようになっている。一度, 必要な環境をインストールした PC では,そのプログラ ミング言語の学習を繰り返すときには,再度同じ環境を インストールする必要はない。

メニュー選択から学習したいプログラミング言語と問

図3 問題選択画面

題を選ぶと,図3のような問題文とプログラムの穴埋め 問題が表示される。プログラムの中の空欄(テキストエ リア,またはテキストボックス)を問題文に沿って入力 する。空欄を埋め終わったら,学習者は「確認」ボタン を押し,入力確認画面で空欄に埋めた部分を含むプログ ラム全体を確認したあと,コンパイルボタンを押す。

すると実行したソース,コンパイル結果,実行結果, 得点が表示されたページが表示される。成績として結果 を登録する場合,「送信」ボタンを押す。

学習者に入力を促すプログラムの場合,その入力デー タによって実行結果が変化する。そこで実行結果で正解 か否かを判断するために,問題作成時に作成された模範 ソースと,学習者が作成したプログラムを,学習者が入 力したデータを用いて両方ともクライアントマシン上で 実行し,お互いの出力結果を照らし合わせることで判断 している。

#### 3.管理者(教員)側システムの概要

管理者は図4に示す,管理者用ログインページで管理 者用 ID,パスワードを入力してログインすると以下のこ とができる。



2	1	岑	न्रत्र	≠	答耳	E
J	1	-5-	曰	1日	目り	Æ.

gle -	* 第 917株本	- PageBark E	のプロック酸 42	1798	5 #	-
プログラミング 学習システム	学習者	昏管理				
BALY NO	新規登錄					
学習者管理	1.000		学習者一覧			
同盟管理	学籍番号	学習者ID	パスワード	成績	更新	削除
	inu	inu	inu	成績	更新	R-IB#
成績管理	kai0001	kai	kai0001	成績	夏時	前時
トゥブページの更新	T001	test01	guest01	成績	(E1)	AURE
管理者用種類セット	T014001	test	test	成绩	肥粉	AUSE
	T014002	test2	test	成績	更新	AUDA
	T014006	inomoto	inomoto	成绩	夏新	(#UF#)

管理者としてログイン後, 左側のメニューから学習者 管理を選ぶと, 最初に全学習者の学籍番号, 学習者 ID, パスワードが表示される。そこから各学習者の成績画面, パスワード更新画面, 学習者 ID 削除画面に移ることが できる。また, 新規学習者 ID の登録画面に移ることが できる。学習者の新規登録や削除の作業は管理者のみが 行うことができる。学習者 ID の削除に同意した場合, その学習者の学習者 ID 及びパスワードはもちろんのこ と, 過去の成績も削除される。

#### 3.2 問題管理

図5の左側のメニューから問題管理を選ぶと,図6に 示す画面が現れる。この画面から問題言語,問題番号を 選択することで,指定された問題の一覧が表示される。

一覧では問題言語,問題番号,問題文,配点が表示され,詳細画面,問題削除画面に移ることができる。

図6で新規問題作成を選択すると,図7に示す問題作 成画面に移ることができる。

新規問題作成では、表示内容に従ってプログラム言語, 更に何を意図したプログラムなのかを説明する問題文, 正しいプログラム実行結果,プログラムソースを入力す







図7 問題作成画面

http://athene.e.seke	nac.p/~mimoto/cei.bm/karzi/marijikp	
ログラミング 智システム 管理ツール	問題管理	
	● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	
学習者管理	新規問題作該	
1010118-12	C 言語 問題 6 問題詳細	
成体管理	10111 H 16	
17-10-201	•問題文:	• 実行例:
理書用專調任如中	aiusoと出力するプログラム	aluso
	• JOJSA: finctudo(statio h) int main()[ printf("[bit]] //n"); ]	模範解答と配 点

図8 問題更新画面

る。穴埋め用のプログラムを記述するためには,1行以 上のテキストボックスにする場合は,コードの行頭に@/ という記号を付ける。行中に穴を空ける場合には,穴に 相当する部分のコードを@[]@で囲む。このようにこの ツールを利用することで,教員は直接 HTML タグを打た なくても空欄のあるプログラムや問題文の組み合わせを 用意することができる。

図6で各問題の詳細を選ぶと,図8に示すような問題 詳細画面が表示される。この問題詳細画面では、問題文, プログラムのソース,実行例,入力データ例,模範解答 と配点が表示される。配点の下にある配点変更を選択す ると,図9のように配点を変更することも可能である。

学習者がこの問題を解いて,正解したときには,この 配点が得点として自動採点される。

Rō • 🔘 🛃 🛃 I	h 🔎 検索 🧙 お気に入り 🤣 🍓 📃
W and http://athene.is.seikei	ac.p/~inomoto/cgi_bin/kanri/main.php
プログラミング 学習システム 管理ツール	問題管理
	問題言語 all 👿 問題番号 all 🖌 検索
学習者管理	新規問題作成
問題管理	C 言語 問題 6 配点変更
成績管理	#include <stdio.h> int mainO{ printf("tot0 ¥n"); }</stdio.h>
トップページの更新	現在の模範解答 と配点
	txt0 模範解答 aiueo
	配点 ↓ 50
	変更

#### 3.3 成績管理

図6の画面の左側のメニューから成績管理を選ぶと, 自動採点された結果の確認や,教師による採点のし直し などの作業を行うことができる。成績管理を選び,学習 者 ID,問題言語,問題番号を選択することで,図10の ように,選択された学習者や問題の成績一覧を表示する ことができる。一覧では学習者 ID,問題言語,問題番号,

Hardes 2 Hereinen B	stermet Explorer						
からその 単語の 表示の	8900200 9-00	D ~~~~	69			Contraction of the second	
3 K8 - 🖸 🖹 🖻	) 🕼 💭 NAT 😏	T BRC	U 350	0	3.3		
F100 M http://athene.is.se	kelacip/"nomoto/karri	mainphp Paul	Part Photos and	-	Tarra	-	
10. 30c -	Co Olyan		- Bo 30308	1 K 1	14700	1	
プログラミング 学習システム	成績管	管理					
B+± 7 /V	学習者iD en	X	网络宫路	0 4	問題		
72622							
-	Contractor (						
ant water	Ew出力						
15.04.92.93							
			学習者IDall	問題言	語o問	諸蘭号言』での旅行一覧	
Later commercia	学習者ID	言語	学習者IDall	同語言	語。C 問題 記点	時間号all での成績一覧 ホスト	1118
トップページの更新	学習者ID kai	33 0	学習者IDall 問題番号 7	問題言 <u>広数</u> 25	語の間 配点 25	語番号all での校績一覧 ホスト >serv0.aseAelaca	1118 1118
トップページの更新 管理者用環境セット	学智者ID kai	3.8 0	学習者IDall 問題番号 7 1	向設言 点数 25 60	語の間 配点 25 60	勝番号当にでの約項一覧 市スト Yserv0.sseAniacp Yahoo88219175076174.bbtec.net	11.00 11.00 11.00
トップページの更新 管理者用環境セット	学習者ID kai	18 A	学習者IDall 問題新号 7 1 2	向設置 点数 25 50 20	語の問 配点 25 60 40	勝番号 all での約項一覧 木スト Vserv0 & señelac p YahooBE219175076174 bbrec net Vserv0 & señelac p	11.00 (11.00 (11.00 (11.00)
トップページの更新 管理者用環境せい	学習者ID kai	38 0 0	学習者ID-all 問題番号 7 1 2 4	問題言 <u>広数</u> 25 50 20 20	語(C間) 配成 25 60 40 20	構築号。all での形満一覧 本スト >serv0 essèkeiac.jp YahooEB219175076174.bbtec.net >serv0 essèkeiac.jp >serv0 essèkeiac.jp	IIM IIM IIM IIM
トップページの更新 管理者用項目者だった	学習者ID kai	318 C	学習者ID-all 問題番号 7 1 2 4 5	間設言	語(C間) 配成 25 60 40 20 10	構築 今, al でのが近年一覧 木スト Yahov Dissekelia : ja Yahov B219175076174 lühec net Jenn Oissekelia : ja Jenn Oissekelia : ja Yahov B2219175076174 lühec net	1114 1114 1114 1114 1114 1114
トップページの更新 管理者用編編せいト	<b>学習者iD</b> kai	38 0	学習者ID-all 問題高号 7 1 2 4 5 6	内部官員 大支援 25 50 20 10 50	語(C間)	機器 号 <sub>1</sub> ar でのが以 <b>用 転</b> 木文ト SeeriO as sealest act (p) VahouEB2(19)75076174 bitnes net NeeriO Scalest act (p) VahouEB2(19)75078174 bitnes net NeeriO Scalest act (p) VahouEB2(19)75078174 bitnes net NeeriO Scalest act (p)	1141 1141 1141 1141 1141 1141 1141
トップページの更新 管理者用線通せいト	学習者ID kai test test01	C C	学習者ID-all 同調商 33 7 1 2 4 5 6 3	<ul> <li>内に設定</li> <li>クロンクト</li> <li< td=""><td>語(C間) 第24章 25 60 40 20 10 50 100</td><td>構築 号-ai でのが以戸一覧 木スト SeerO &amp; scalasiac_p VahouEB2219175076174 bitnes.net SeerO &amp; scalasiac_p xderO &amp; scalasiac_p xderO &amp; scalasiac_p xderO &amp; scalasiac_p xderO &amp; scalasiac_p</td><td>1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110</td></li<></ul>	語(C間) 第24章 25 60 40 20 10 50 100	構築 号-ai でのが以戸一覧 木スト SeerO & scalasiac_p VahouEB2219175076174 bitnes.net SeerO & scalasiac_p xderO & scalasiac_p xderO & scalasiac_p xderO & scalasiac_p xderO & scalasiac_p	1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110
トップペークの更新 御使者用様はませっト	学習者ID kai Test	0 0 0	学部者IDall 同語商号 7 1 2 4 5 6 6 3 3 1	間間言 水2数 25 50 20 20 10 50 50 100 60	諸小の間	構築 6-31 でのが以用 - 騒 木スト Vahou BE2 19175076174 bitnes net Vahou BE2 19175076174 bitnes net Vahou BE2 19175076174 bitnes net Vahou BE2 19175078174 bitnes net serv O is seikeliae…ip serv O is seikeliae…ip	1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111

図 10 成績管理画面

得点,配点,そして学習者がその解答を登録した際のク ライアント側のホストアドレスが表示される。一覧のさ せ方としては例えば,特定の問題を指定し,学習者 ID として全員を指定すると,その問題に対する学生の解答 を一覧し,解答の傾向を見ることができる。このように 特定の問題の解答を一覧することにより,出題者が意図 していた解答と著しく異なる解答を発見することができ る。また学習者と問題言語を特定し,問題番号にすべて を選んで一覧すると,その学習者が解いたその言語に関 する問題すべてと得点を一覧することができる。一覧さ れたデータを別に表計算ソフトウェアで集計しやすいよ うに,CSV 出力するためのボタンも用意した。

ー覧では学習者 ID,問題言語,問題番号,得点,配点, その問題を登録した際のホストアドレスが表示され,さ らに図11に示すような詳細画面に移ることができる。

ある学習者の成績で実行結果が自動採点による採点で は合っていても,問題作成者の意図した解答と違ったプ ログラムにより解を出力している場合もあり得る。例え ば下記のプログラムセグメントは同じ i=5 という表示を 行う実行結果になるが,右の方のプログラムは問題作成 者の意図しないプログラムであるとすると,このような 記述は不正解にしたい。



図 11 成績詳細画面



図 12 間違いと判定したいプログラムの例

しかし,これを自動的に「間違ったプログラム」と判 断するのは難しいので,学習者が記入した解答を一覧表 示できるようにし,教員が論理的に間違った答えを見つ けることで採点結果を修正できるようにした。このよう にして,自動採点の便利さと,きめ細かな採点の両立を 可能にした。

## 4.システムの実装について

本システムでは,学習者の解答プログラムの正解・不 正解を自動的に判定するが,サーバ側の処理を軽減する ために,解答プログラムと模範解答プログラムをコンパ イルして実行するのはクライアント側での処理となる。 この関係を表したものが図13である。





前章で説明したような動的な Web ページを作成する にあたって,サーバサードスクリプト言語である PHP4.3.4を用いた。また学習システム全体としては,Web サーバ以外に,問題文や模範解答,配点,学習者情報の 登録などのため ,データベースシステムも利用している。 このデータベースには , MySQL4.0.21 を使用した。

5.おわりに

本研究では,プログラミング言語の学習システムを, Web 技術を用いて作成した。プログラミングの学習では, 従来の e-learning システムの多くで採用しているような, 選択式および穴埋め式による解答が模範解答と完全一致 することで正解判定する方式は適切ではないため,解答 したコードセグメントを含むプログラム全体の論理的な 構造が合っていれば同じ実行結果が得られることに着目 し実際に実行した結果で正解判定する方式を実現した。 実行時の入力データも出題者と学習者で異なる可能性が あるので,正解判定にあたっては,学習者の入力データ で模範解答プログラムを実行し,学習者と模範解答両方 の実行結果を比較することで判定を行っている。これに より,学習者は同じ出力結果を得るために,使用する変 数に自由度が出たり,使用する式の構造や制御構造など にバラエティを持たせ, 色々な記述を試したりすること ができるとともに 動作の妥当性を確認するために, 色々 なデータを入力して模範解答と比較することができるの で, 自主的な学習効果が上がることが期待できる。また サーバ側の負担を軽減し, 多人数の学習者によるアクセ スも可能にした。

さらに学習者の操作を簡単にするのに加えて,問題を 出題する教員側の各種作業も行いやすくするようなシス テムを目指した。出題のプログラムのどの部分でも自由 に空欄にすることができる。本システムを実際に大学講 義の演習などに利用して,今後評価・改善していくこと としたい。

### 参考文献

[1] 飯田浩育, 菅野 茜:「プログラミング学習環境シス テムの試作」2003 年度成蹊大学工学部経営・情報工 学科卒業論文