

C言語教育におけるe-Learning 教材の開発

中川 重和・長谷川健治*・尾高 好政・門脇 眞示

倉敷芸術科学大学産業科学技術学部

*富士通サポート&サービス(株)

(2005年9月30日 受理)

1 はじめに

本研究の目的は、大学情報系学部で行われている初学者対象のC言語プログラミングの講義を支援するWBTシステムの開発にある。学習内容として、[3]にあるような基本情報技術者試験のC言語に関する問題を解けるようになることを想定している。

一般的にプログラミング習熟度は、ごくわずかの基礎的な事柄(C言語の文法や処理系を操作するためのコマンドなど)を理解した後、できるだけ多くのプログラムを十分に時間をかけて自力で作成したかに依る。そのためには、指導者側は適切な課題を適宜提供する必要があるが、できれば学生個々の状況に合わせた課題を提供できることが望ましい。

本研究に深く関連した事例として、ACM国際大学対抗プログラミングコンテスト対策のためのホームページ [1] がある。そこには、1600あまりのコンテスト対策用の問題が提示されている(そのうちの一部は [2] に収録されている)。さらに、登録ユーザに対して、問題の解答ソースプログラムをWeb経由でサイト側へ送信後、自動的に正誤をチェックしてくれる機能も備えている。なお、対象言語はC, C++, Pascal, Javaである。

本システムは、C言語を対象を絞り、問題("Hello World!!" から [3] 程度)を表示する機能と、[1]と同様の解答ソースプログラム自動判定機能を有する(以下、この機能をe-learning機能と呼ぶことにする)。この機能により、学生個々の状況に合わせた課題を提供できることが期待できる。さらに、講義中に個々の学生の課題の進捗状況をWeb経由でモニタリングする機能(以下、この機能をReal-Time Judge機能と呼ぶ)もあわせ持つシステムである。

なお、既に試験運用を実施しており、<http://s3nak11.kusa.ac.jp>において学内からのアクセスが可能である。

本論文の構成は以下のとおりである。2節では、開発環境などについて言及し、さらにe-learning機能やReal-Time Judge機能といった主な機能を中心に説明を与える。

2 主な機能と実装

本システムはサーバクライアント型のシステムであり、開発環境は表1のとおりである。問題やそれに付随する諸々のファイルさらにはユーザの成績などをデータベースで管理し

ている。クライアントからのリクエストの処理・データベースの制御をPHPで行っている。

2. 1 e-learning機能

サーバ側には、C言語に関する問

題が与えられており、ユーザはその問題を解決するためのCプログラムを作成する。そして、その解答プログラムをサーバ側へ送信すると、サーバ側ではそれが正しいプログラムかどうかを自動的に判定し、その結果をユーザ側へ通知する。図1は、ソースプログラム解答自動判定機能の様子を示している。図内の番号順に沿って説明する。

- ①問題¹⁾が表示される。
- ②ユーザが、解答入力欄より、解答ソースプログラムを送信する。
- ③サーバ上のgccにより、自動的にコンパイルされる。
- ④もし、コンパイルエラーがある場合、エラーメッセージを表示する。ユーザは、ソースプログラムを修正し、②の操作を行う。

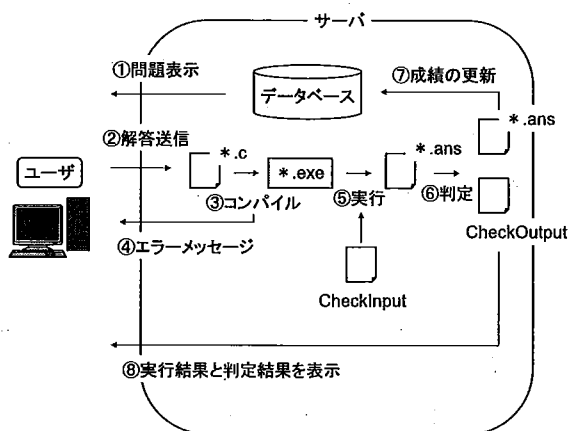


図1 e-learning機能

- ⑤コンパイルエラーがなく実行形式を生成できたならば、その実行形式を実行する。その際、実行形式が入力を伴う場合には、ファイルCheck Input²⁾の内容をその入力として処理する。
- ⑥正誤の判定は、実行結果とファイルCheck Output³⁾との文字列照合で判別する。文字列が完全一致した場合に正解となる。また、空白・改行を読み飛ばしての文字列照合で一致した場合も、成績上は正解として処理するが、判定結果としてはプレゼンテーションエラーと表示する。
- ⑦正解あるいはプレゼンテーションエラーの場合、データベースの学生の成績を更新する。
- ⑧ユーザには、Sample Inputを入力した場合の実行結果と⑥での判定結果が表示される。

2. 2 Real-Time Judge機能

第2.1節で述べたe-learning機能が主に自学自習のためであったのに対し、Real-Time Judge機能は、講義内での使用を前提としている。学生個々のソースプログラム作成の様子を、指導者側のPC上で逐次モニタリングする機能であり、図2は、Real-Time Judge

機能の様子を示している。
図内の番号順に沿って説明する。

①指導者は、学生が解く問題番号と解答の自動送信時間を設定する。

②問題を表示する。

③学生は、プログラムを解答入力欄に入力していく。入力している途中のプログラムが自動送信時間ごとにサーバに送信され続ける。送信されたプログラムは、サーバにファイルとして保存される。

④指導者側PCでは、Real-Time Judgeに参加している学生の一覧が表示される。表示された学生名をクリックすると、当該学生の解答プログラムが閲覧できる。指導者側では、何人かの解答を比較することができるので、もし共通の間違いがあればその点を重点的に指導することができる。また、指導者側PCのディスプレイをプロジェクタを介してスクリーンに表示することができるので、学生の解答を全員に提示しながら、指導することができる。

⑤指導者側PCでは、学生の正誤状況と解答プログラムの文字数が表示され、学生全体の理解度を把握できる。

この機能を活用することにより、ある学生の解答したソースコードをプロジェクタを用いてスクリーンに表示することができる。そして、その学生のプログラムの誤りを指摘することにより、学生全体への指導を行うことができる。また、複数の解答を調べることで、全体に共通するような間違いの発見が容易となり、より効果的なアドバイスを与えることも期待できる。

2. 3 その他の機能

以下、先程説明できなかった機能について列挙する。

- ・ e-learning機能。
 - 問題表示機能。
 - 解答送信機能。
 - 解答自動判定機能。
 - 問題登録機能。
 - ユーザが問題を作成できる問題提案機能。

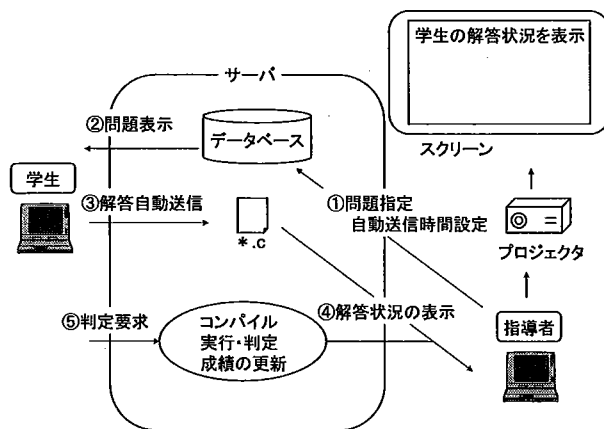


図1 e-learning機能

- 自分の送信した解答の履歴機能。
- 成績管理機能（解答状況，ランキング）。
- ・ Real-Time Judge機能。
 - 学生の解答が自動的にサーバへ送信される機能。
 - 学生の解答プログラムが閲覧できる機能。
 - 学生全体の進行状況が閲覧できる機能。

以上のうち、「自分の送信した解答の履歴機能」は本システムの特徴の一つである。これは、各問題ごとに以前に送信した解答ソースプログラムを表示する機能で、過去2回分までの解答プログラムを表示できる。実はこの機能はe-learning機能とReal-Time Judge機能のいずれにも使うことができるので、講義中Real-Time Judgeで時間内にできなかつた問題の続きを講義後にe-learning機能で学習できる。また、その逆もでき、予習復習につかうことができるので、学習者の利便性を向上する機能といえる。

3 おわりに

本システムを倉敷芸術科学大学産業科学技術学部コンピュータ情報学科で行われているプログラミング基礎の講義（1年生対象）で使用し、講義終了後、学生に対してアンケート調査を行った結果を報告する。69名の学生のうち95%の学生がWebでプログラムを学習するシステムを使ったことがないと答え、98%の学生が便利なシステムであると答えている。

本研究では、C言語プログラミングの講義・自学自習において学習を支援するシステムを提案し、実装している。今後、さらなる問題の充実を図っていきたい。

- 1) 本システムで取り扱う問題には、入力が必要とするタイプとそうでないタイプの2種類がある。前者では、問題表示のとき、Sample Inputとして、例示される。また、そのときの出力例もSample Outputとして示されている。
- 2) これは、管理者側で用意されるファイルであり、ユーザ側から見ることにはできない。このファイルでの実行結果をチェックすることで、プログラムの正当性を保証しようとしている。そのため、Sample Inputより複雑な入力である必要がある。
- 3) これも、管理者側で用意されるファイルであり、正解プログラムを実行した結果である。もちろん、ユーザ側から見えない。

参考文献

- [1] PROBLEM SET ARCHIVE, <http://acm.uva.es/problemset/>.
- [2] Steven S. Skiena, Miguel Revilla, *Programming Challenges*, Springer, 2003.
- [3] 高田美樹, 基本情報技術者試験らくらく突破C言語, 第11版, 技術評論社, 2004.

Development of e-learning system for C programming

Shigekazu NAKAGAWA, Kenji HASEGAWA^{*}, Yoshimasa ODAKA and
Shinji KADOWAKI

*Department of Computer Science and Mathematics,
Kurashiki University of Science and the Arts,
2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*

^{}Fujitsu Support and Service Inc.,
Mesonic 38 MT Building 4-1-4, Shibakoen, Minato-ku, Tokyo, 105-0011.*

(Received September 30, 2005)

The purpose of this research is to develop a web based training system which supports the lecture of C language programming. The contents regarding the C language is almost the same as a part of “Fundamental Information Technology Engineer Examination” promoted by the Information-technology Promotion Agency, Japan. Two main features are introduced. The first is the online judge, which checks automatically that the programs sent by students are correct. The second is the real time judge which supports the teacher’s activity during the lecture.