

# プログラミング学習支援システム JavaEP の開発と導入

## Development of Education Support System for Programming JavaEP

稗方和夫<sup>1</sup>

Kazuo Hieata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京大学大学院新領域創成科学研究科

<sup>1</sup>Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

**Abstract:** Education Support System for Programming, named JavaEP, is developed in this study. The system provides automatic check function for the learners' java source codes. The system is evaluated in empirical study in programming class.

## 1. 諸言

情報技術の普及が非常に進んだ現在において、プログラミング教育は、情報処理技術者の教育だけでなく、工学系一般の学生にとっても重要な科目となっている。一方で、情報系以外の学科においては学生のプログラミングに関する前提知識が非常に異なり、はじめたプログラミングを行うためワープロソフトとテキストエディタの違いやコマンドラインによるコンパイル方法から説明が必要な学生から、複数のプログラミング言語でコーディングを行った経験を持ち簡単なアルゴリズムならば独力で可能なレベルの学生が混在する状況で講義を行う必要がある。

本研究では、このような状況において、プログラミング初級者に理解でき、かつ経験者が興味を持つことのできるプログラミング演習を実現するための情報システムの開発を目的とする。目的を達成するために、ウェブブラウザの中で演習課題のコーディングからコンパイル、実行、採点までを実現するウェブアプリケーションにより、教員によらず受講者が採点までを自主的に学習できる環境を実現する。

のあ、コンテンツの自動生成に重きを置いた電子メールによる提出と採点を基本にしたシステム[1][2]や、教育コンテンツやコースの管理ができるシステム[3]等は存在するが、本研究では一般的なプログラミング作業と同様の、コーディング、コンパイル、結果の評価というサイクルをリアルタイムで行うことのできる教育支援システムを目指す。

## 2. 提案システム

本章では、本研究で開発したオープンソースのプ

ログラミング教育支援システム JavaEP(Java Education Platform)について述べる。

### 2.1 システムの概要

本システムはJava言語によるプログラミング教育を対象に開発したウェブアプリケーションである。システムはサーブレットを利用して実装されており、tomcat 上で稼働する。システムは大きく分けて、プログラミング演習の問題およびユーザを管理するモジュールと、各問題の回答ソースコードを評価・採点するモジュールに分けられる。マスターデータベースに登録した問題から選んだ問題リストを各ユーザについて作成することで、受講者ごとに異なる問題を提供したり問題の順番を変更したりことができる。回答ソースコードの採点機能は、問題に対する模範解答ソースコードをコンパイルしたプログラムと実行結果が一致するか比較することで実現した。なお、サーバでは受講者のコードを `java.security.manager` のオプションとともに実行し、セキュリティ上の問題を回避している。以上から、問題 1 問を定義する際の主要要素は、問題文(html形式)、模範解答ソースコード(java ソースコード形式)、比較用実行時引数のリスト(独自のテキスト形式)になる。比較用実行時引数を複数用意することで、入出力のみが正しいダミーコードによる不正な回答を排除している。また、補助的に問題の難易度(独自のテキスト形式)も各問題に定義している。

### 2.2 ユーザインタフェース

本システムの受講者に向けたユーザインタフェースを以下の図 1 および図 2 に示す。

図1はログイン後の画面で、すべての問題のリストおよび回答済み（正答済み）の問題の点数が表示される。各問題には難易度も合わせて表示される。受講者は自分のレベルに合わせて問題リストから自由に問題を選択することができる。

図2はある問題を回答する際に利用するインタフェースである。左上の部分に問題文の説明が表示され、クラス名の入ったJavaプログラムのスケルトンが右上に表示される。左下がソースコードを記述するためのエディタ部分であり、通常右上のスケルトンをコピーしてから回答を開始する。画面下部には、保存、コンパイル、実行、採点の4つのボタンと実行時引数(args)を指定するテキストボックスが用意されており、javac、javaなどのコマンドを引数とともにコンソールで実行する環境を模擬している。

Javac や java コマンドはサーバで実際に実行され、コンソールによる出力はそのまま画面右下に転送される。この例を図3に示す。サーバ上で実行された javac コマンドによるエラーメッセージを表示しているため、ユーザには通常のプログラミング環境と近い作業環境を提供している。また、採点ボタンを押した場合、サーバ上の模範解答コードと実行結果が比較され、画面右下に正答したか、正答ではない場合どこが一致しないのかが表示される。この例を図4に示す。この画面でも、採点時にサーバ上で実行される java コマンドの実行時引数を含めて表示することで、通常のプログラミング環境に近い環境をユーザに提供するように配慮している。



図1 問題リスト

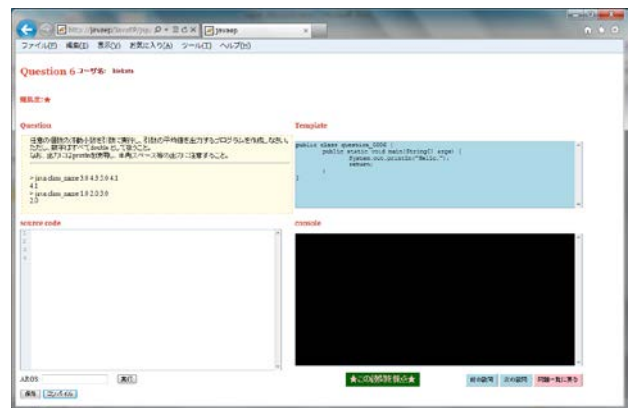


図2 コーディング・採点画面

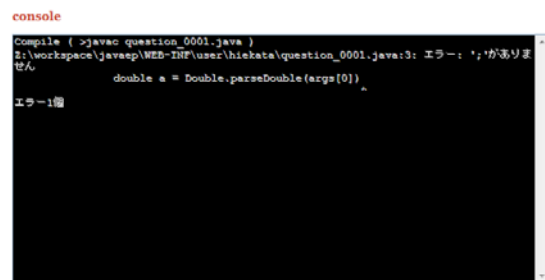


図3 コンパイル時のエラーメッセージ例

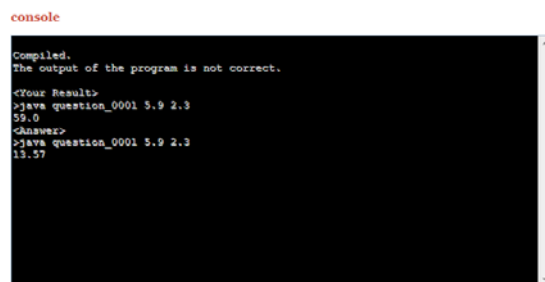


図4 採点時のエラーメッセージ例

## 2.3 コンテンツ

本システムは工学系の学部2年生のプログラミング演習を対象としているため、固定長配列の操作、任意の長さの配列の操作、文字列と整数・小数の変換、文字列出力、算術演算子、条件分岐等のプログラミングの基本を問う問題を中心にコンテンツを整備した。例えば表1に示したような問題を120問ケーススタディのために準備した。

表 1 コンテンツの例

(問題例 1)二つの浮動小数 a と b を引数に実行し、 $a * b$  の結果を出力するプログラムを作成しなさい。  
 (問題例 2)任意の個数の浮動小数を引数に実行し、引数の平均値を出力するプログラムを作成しなさい。  
 (問題例 3) 実行すると、"Hi, (人の名前)" と出力するプログラムを作成しなさい。人の名前は実行時の引数として指定します。

### 3. ケーススタディ

前章で説明したシステムおよびコンテンツを利用したプログラミング演習のケーススタディについて述べる。

#### 3.1 ケーススタディの条件

工学系の 2 年生 123 人を対象に、用意した 120 問の問題から 16 問を利用した演習形の講義(140 分程度)を行い、その後 40 問を用いて 40 分間のテストを行った。受講者の大部分は講義内の演習でシステムの利用方法には習熟でき、テストの結果は受講者の Java のプログラミング能力を精度よく評価できる環境となった。

#### 3.2 結果

40 問の問題のうち、横軸に正答した問題数、縦軸に受講者数の頻度を示したグラフを図 5 に示す。

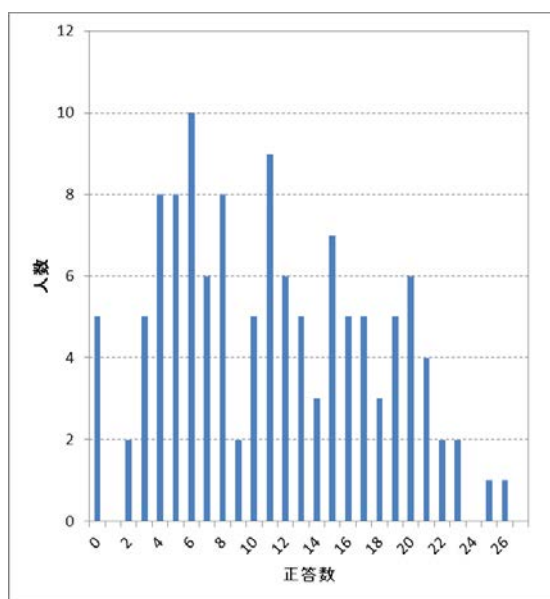


図 5 受講者の正答数の分布

## 4. 考察

サーバ上の受講者の回答した java ファイルのタイムスタンプから、全体として文字列出力等の単純な問題から、要求される知識が大きな問題へと回答していくという予想される傾向が見られた。一方、正答数が多い受講者は、問題文中の「浮動小数」などのキーワードに注目して、類似の問題を連続して選択して 1 問あたり 1、2 分という短い時間で数問をまとめて正答しているケースが見られた。本結果から、レベルの大きく違う受講者に対して同一の講義を提供する難しさがデータとして示されるとともに、公平性を担保しつつ、受講者ごとに異なる問題や課題を与える必要性が明らかとなった。

また、本研究で開発するような自動採点機能を持つ教育支援システムは、副次的に受講者がプログラミングを理解するプロセスを明らかにすることも期待され、どのような説明が受講者にとって有益だったか分析した研究[4]などを参考に、今後は講義の内容にも踏み込んだ分析も期待される。

## 5. 結言

ウェブブラウザの中で演習課題のコーディングからコンパイル、実行、採点までを実現するウェブアプリケーションにより、教員によらず受講者が採点までを自主的に学習できるシステムを開発し、ケーススタディを行った。ケーススタディから、本システムによる演習は、初級者は講義で習得すべきことを含んだ基礎的な問題から難易度にしたがって回答し、受講前からプログラミング経験のある受講者は短時間で非常に数多くのプログラミング作業を行うという形となった。よって、講義演習時間中に受講者全員が自分の問題に取り組むという環境を提供でき、本システムの有効性が示された。

一方で、関連研究で示されているような、受講者ごとに異なる問題を提示するなど、きめ細やかな教育が可能なシステムへと発展させることが今後の課題である。

## 謝辞

本研究で利用したシステム JavaEP の開発には、修士課程の木村彰吾氏、ソシヨウギョク氏の多大なる協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

[1] 中島, 高橋, and 細川, "プログラミング学習のための QA サイクル: 受講者の習得度に応じた問題自動提

示メカニズム(教育学習支援システム, <特集>システム開発論文)," 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, vol. 88, pp. 439-450, 2005.

- [2] 中島, 宮地, and 高橋, "プログラミング演習支援システム CAPES のための答案評価機構の実現," 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告, vol. 2006, pp. 127-134, 2006.
- [3] 関谷, 寺脇, and 尾上, "オープンソース学習管理システムCFIVEの開発と運用," メディア教育研究, vol. 1, pp. 73-81, 2005.
- [4] 田口, 糸賀, 山本, 高田, and 島川, "プログラミング演習評価と講義反応を連携させた理解の契機の抽出 (<特集>教育システムにおけるプラットフォームとコンテンツ開発論文)," 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, vol. 91, pp. 345-357, 2008.