

# プログラミング読解学習教材の適応提供システム

User adaptive program code reading questions provision system

松本 慎平\*<sup>1</sup>      山岸 秀一\*<sup>1</sup>      加島 智子\*<sup>2</sup>  
Shimpei Matsumoto      Shuichi Yamagishi      Tomoko Kashima

\*<sup>1</sup>広島工業大学情報学部

\*<sup>2</sup>近畿大学工学部

Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

Faculty of Engineering, Kindai University

In the fields of programming education, every year students are certainly divided into two type of groups; the one consists of students with high adaptability to programming, and the other consists of students totally inadequate for programming. Most of previous works have not paid enough attention to the feature of students inadequate for programming from the quantitative viewpoint with large scale data analysis. In Japanese university education, supporting students in the latter group is indispensable to respond the social request requiring the power of software development. To collect the large scale learning log data, user adaptive web based program learning contents provision system is considered to be effective. Creating proper questions is firstly important to realize user adaptive learning, therefore the aim of this paper is to analyze the adequateness and difficulty of program codes with 4 parameters item response theory. As the learning contents, this paper deals with program code reading questions where a student answers correct variable values after execution. A web based programming learning support system available for self-study was developed, and learner's log data were obtained from the operation. From the analysis result, inappropriate program descriptions were clarified.

## 1. はじめに

プログラミング教育を広く普及させるに際しては、プログラミングを不得手とする学習者の存在を無視することはできない。とりわけ、日本のソフトウェア開発力の向上は国際競争の中で不可欠であり、また、ソフトウェア開発に対する社会の要望は今後一層拡大することが予測される。したがって、プログラミングへの苦手意識を抑制させることが可能な教材の開発や、従来素養がないと判断されてきたプログラミングを不得手とする層を的確に支援する仕組みが必要であると考えられる。以上背景から、著者らはこれまで、利用者の理解度に応じた成熟的学習活動を可能とする教材の開発を目標に研究を進めている [Kashima 14][杉本 15]。

プログラミング学習支援を対象とした多くの先行研究では、プログラミングを特に不得手とする学習者層の定量的観点からの分析については十分な注意が払われてこなかった。その理由として、プログラミングを不得手とする学習者層はそもそもプログラミングを積極的に学ぶということがまれであるため、分析の源泉となる学習ログデータを得ることは容易ではないことが大きな理由として考えられる。この問題を解決するため、すなわち学習ログデータを効率よく収集するため、プログラミングを不得手とする学習者であっても学習に比較的取り組み易くする試みとして利用者適応の学習教材提供システムを構築することは有効であると考えられる。利用者適応を実現するためには、学習コンテンツの困難度と利用者の理解度とを推定し学習者に適した問題を連続的に提示する手法構築が課題となるが、その前段階として、適切な学習コンテンツを用意する必要がある。すなわち、プログラミングを不得手とする学習者の基礎力を効果的に養成することが可能な学習コンテンツを開発すべきである。したがって、本論文では、自学学習環境として利用可能で学習教材を自動生成できる学習支援システムを開発

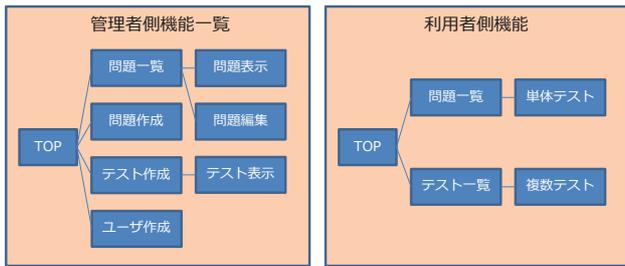
すること、開発システムを用いて学習ログデータを収集し項目反応理論 4 母数モデル [植野 10] を用いることで、学習教材の困難度や適切さを評価することを目的とする。本論文では、プログラミング読解問題を学習コンテンツとして取り扱う。実験の結果からは、プログラム読解が困難な書き方を明らかにし、プログラミング教材を構築する際や教授法を検討する際に参考となり得る知見を得た。

## 2. 開発システム

本研究で開発するシステムは、C 言語の読解学習を対象としたものである。学習教材として用いられるソースコードは自動生成される。生成されるソースコードは特定の目的の処理を行うものではなく意味のない処理の羅列で生成している。この点では、“プログラミングの素質はある無意味な規則を首尾一貫して適用できるかどうか依存している”との前提 [Dehnadi 06] から、意味を持たないソースコードの読解であってもプログラミング読解の訓練には有効に働くのではないかと考えている。また、生成されるソースコードは数十行の短いものである。この点は、“1 メソッドは 1 画面に収まる程度とする”という設計論は一般的であり開発現場で採用されることが多いことから、1 ページ内に収まる処理の読解を行うことができるようになるのではないかと考えている。これらに加え、近年オープンソースソフトウェアを活用しプログラマは中核に据えたソフトウェア開発手法が各所で積極的に導入されており、コメント文に頼らないプログラム読解技能の必要性は高まっていることから、プログラム読解問題を学習コンテンツとした。

開発システムは Web ブラウザ上で利用する。システムは Apache 2.4.7 で動作しており、問題提示には JavaScript ライブラリである jquery 1.7.2、問題データ管理には MySQL 5.6.16、Web アプリケーションは php 5.5.9 を用いている。システムの実装機能一覧と動作例を図 1(a) と図 1(b) にそれぞれ示す。問題生成機能では任意の規則に基づいて問題を生成でき

連絡先: 松本慎平, 広島工業大学情報学部知的情報システム学科, 〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1,  
E-Mail: s.matsumoto.gk@cc.it-hiroshima.ac.jp



(a) プログラム読解学習支援システムの実装機能一覧

```
#include<stdio.h>
int main(void){
  int a,b = 2,c,d;

  c = 4 / 5;
  b += 8;
  a = --c;
  d = 2;
  return 0;
}
```

●1: a= 2 b= 2 c= 10 d= 2  
 ●2: a= -1 b= -1 c= -1 d= 2  
 ●3: a= 10 b= 10 c= 1 d= 10  
 ●4: a= 6 b= -1 c= 2 d= -1  
 ●5: a= 4 b= 2 c= -1 d= -1  
 ●6: a= -1 b= 10 c= -1 d= 2  
 ●7: これら以外

回答

(b) 提示された問題の一例

図 1: プログラム読解学習システムの機能一覧 (a) と動作例 (b)

る。“変数の数”，“命令文の数”，“演算対象の変数の数”，“利用演算子（代入演算子）”，“分岐・繰り返し利用の有無”，“条件判定文の記述に関する制約”など設定を事前に行うことで、条件に合ったソースコードを生成できる。なお、学習者の理解の度合いを確認するため、意味のない代入処理や、意味のない条件判定処理の有無を設定できるようになっている。設定情報を読み取った後、ヘッダ部が記述処理が行われ、変数の宣言記述が行われる。その後、設定された命令文数だけ本文生成処理が呼ばれ、C言語のプログラムが形成される。また、正解を含む6種類の選択肢が任意に生成され、処理後の変数の値を思考する形式の問題が完成する。

制限時間を設定可能なテストは、1問以上の複数の問題で構成される。一度受けたテストを2度受験できないようになっているが、一度受けたテストに含まれる問題は、問題一覧機能から何度も練習できるようになっている。

### 3. 実験及び結果

C言語の基礎を学習中の大学初年次学生数十名にシステムを紹介し、1時間程度の利用から主観評価を得た。その結果、実際に運用が開始された場合は継続的に利用したいといった肯定的な評価を多く得た。普段のプログラミングでは十分に意識が払われない記述が問題に含まれていることから、この点で多くの被験者は学習不足を自覚すると共に、更なる学習に向け意欲を見せていた。C言語技能向上に対する本システムの効果は今後定量的な観点から明らかにする予定である。

C言語プログラミングの基本を既に取得している大学4年生10名の被験者に対して、言語仕様を完全に理解していれば解ける知識問題15問、論理的な思考力が問われる論理問題15問の2つのテストをそれぞれ10分の制限時間で行い、回答ログデータの分析を行った。項目反応マトリクスを出力した後、4母数ロジスティックモデル [植野 10] により各問題のパラメータを計算した。

$$P_i(\theta|a_j, b_j, c_j, d_j) = c_j + \frac{d_j - c_j}{1 + \exp\{-a_j(\theta - b_j)\}}, \quad (1)$$

ここで、 $\theta$  は受験者の能力、 $j$  は項目（問題）、 $a_j$  は識別力母数、 $b_j$  は困難度母数、 $c_j$  は下方漸近母数、 $d_j$  は上方漸近母数

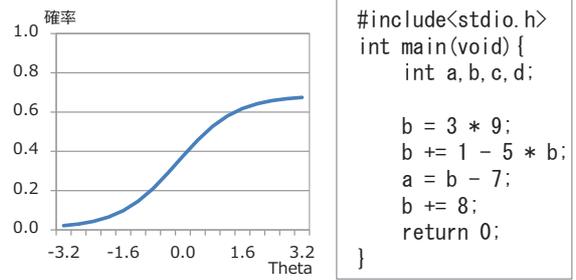


図 2: 不適切な記述であると考えられる問題の一例

を表している。適切な問題であれば  $\theta$  の高い学習者であるほど正答率が 100% に向かうべきであると考えられるため、 $d_j$  に基づき問題の適切さを評価可能であると考えられる。

分析結果の一例として、ロジスティックモデルの  $d_j$  が他の問題と比較して有意に低かった問題の一例を図 2 に示す。 $d_j$  が低い問題には、加算・除算代入やインクリメントが共通して記述されていた。よって、これがプログラミングを得意とする学習者であってもプログラム理解効率・可読性を妨げている原因であると考えられる。とりわけ、プログラミングを不得手とする学習者層にとっては、学習を阻害し得る特に不適切な記述であると考えられる。このことを踏まえれば、教授の現場では、これらの記述に対する指導を徹底することや、あるいはコーディング規約で禁止するなどの対応が必要であると考えられる。

### 4. おわりに

本論文では、利用者適応の学習システムを構築するため、自学学習環境として利用可能で学習教材を自動生成できる Web システムを開発し、試験的な運用までを達成した。また、学習ログデータから、コンテンツの適切さを評価した。

### 謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会平成 25 年度科学研究費助成事業 (若手 (B) 13304922) 及び平成 26 年度科学研究費助成事業 (基盤研究 (C) 26350296) の助成を受けて実施した成果の一部である。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

[Dehnadi 06] S. Dehnadi and R. Bornat, The camel has two humps (working title), <http://www.eis.mdx.ac.uk/research/PhDArea/saeed/paper1.pdf>, 2015 年 3 月 21 日参照。

[Kashima 14] T. Kashima, S. Matsumoto and S. Yamagishi, Knowledge Acquisition with Eye-Tracking to Teach Programming Appropriate for Learner's Programming Skill, Proc. of The Third Asian Conference on Information Systems, pp.287-292 (2014).

[杉本 15] 杉本稜, 松本慎平, 加島智子, 山岸秀一, プログラム読解学習支援システムの開発とプログラムコードの困難度定量化, 2014 年度教育システム情報学会学生研究発表会中国地区講演論文集, P01, pp.119-120 (2015).

[植野 10] 植野真臣, 荘島宏二郎, 学習評価の新潮流, 朝倉書店 (2010).