

プログラミング初学者向けの演習問題自動生成ソフトの開発

橋浦研究室

1135113 安藤 圭輔

1135346 沼里 翔吾

1. はじめに

今日の情報技術は日々発展しており、プログラミング並びにソフトウェア技術を用いた設計・開発の機会は年々増え続けている[1].

しかし、プログラミング技術を十分に理解できなければプログラムにバグが混入する可能性が高く、間違いのない正しいソースコードを構築できない。そのため、情報系の大学では最初にプログラミングの定義を学習してから演習課題を行う[1].

2. バグを減らすためには

バグを減らすためには、複数人にプログラムを確認してもらう他に練習問題を大量に繰り返し解くという対策が考えられる。しかし、そのためには練習問題を大量に用意する必要がある。

3. 問題を大量に生成する労力

人の手によって練習問題を生成するには多大な労力が必要である。教科書などに記されている問題は有限であり、問題演習を行っているとその問題をすべて解き尽くしてしまうことが考えられる。そのため、著者らは、問題を自動生成して学習者に回答させるシステムが必要であると考えた。問題を自動生成することで問題を大量につくる労力を軽減し、多数の問題を出題できる。

4. ミューテーション解析

著者らは問題を自動生成するシステムにミューテーション解析を応用した技法を取り入れる。ミューテーション解析とは、ソフトウェアテストにおけるテストスイートの質を評価する手法である[2].

ミューテーション解析では、対象となるプログラムの一部を機械的に書き換えミュータントと呼ばれる「人工的な誤りを含むプログラム」を生成する。テストスイートをミュータントに対して実行した結果と元のプログラムに対して実行した結果が異なれば、テストスイートにはミュータントを発見するだけの鋭敏さが備わっていると考えることができる。

ミューテーション解析はミュータントオペレーターに基づいてミュータントを生成する。この技術を応用し、ミュータントが生成される部分を空欄補充問題の空欄部分にすることで意味のある問題を生成することができる。

5. 研究目的

著者らはプログラミング初学者向けにC言語における誤った理解を改善するソフトを実現する。提案したツールを使用することにより、学習者はプログラミングにおける基礎知識をトレーニングすることができる。

6. ツールの実装

使用言語は安定性が高くプラットフォームに依存しないという点からJavaを用いる[3]. また大量に問題を回答するため、自宅での学習でも用いることができるようにするためにWebアプリケーション形式での実装を行う。

本研究を行うためのオペレーターについては以下の3種類のオペレーターを実装した。

a) 算術演算子の書き換え

元の算術演算子を別の算術演算子に書き換える。

(例) $wa = wa + i \rightarrow wa = wa / i$

b) 代入演算子の書き換え

元の代入演算子を別の代入演算子に書き換える。

(例) $x += y \rightarrow x /= y$

c) 関係演算子の書き換え

元の関係演算子を別の関係演算子に書き換える。

(例) $\text{if}(a > 10) \rightarrow \text{if}(a < 10)$

図1にミュータントオペレータの動作の具体例を示す。

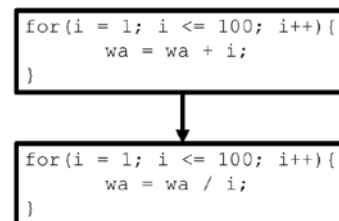


図1 ミュータントオペレータの動作の具体例

7. 実験

開発したツールの有効性を確認するために、被験者を用いた実験を行った。実験の概要を表1に、実験の流れを図2に示す。

表1 実験概要

項目	内容
日程	12月
被験者	橋浦研4期生10名
出題形式	プログラム形式の問題。正しい動作を行うプログラムを4つの中から1つ選択する
問題数	10問
終了条件	全問正解で終了、それ以外ならやり直し、やり直し時は別の問題を選択する
収集データ	回答した問題数、やり直しの回数、正答と誤答の回数

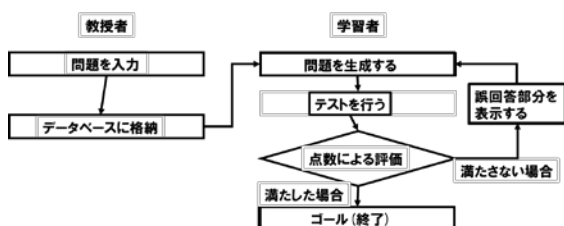


図2 実験の流れ

実験の結果を表2に示す。表2より、4人中3人の被験者(B,C,D)はやり直しすることなく合格することができたが、被験者Aは、1回目に1回、2回目に1回の誤答があり、3回目で合格(全問正解)したことを示している。

8. 考察

被験者の4人のうち3人が、やり直しせずに合格したという結果から、問題の難易度が適切でなく、問題が簡単すぎた可能性が考え

られる。

また、被験者Aが誤答した問題を詳細に調査したところ、2問とも算術演算子のミュータントオペレーターによって生成された問題であることがわかった。このことから、単純なミュータントオペレーターであっても、組み合わせ次第で有効性があることが示唆された。

9. 結論と今後の課題

本研究ではミューテーション解析による練習問題の自動生成の有効性に注目し、教授者が練習問題を自動生成するシステムを構築し、ツールの有効性確認実験により一定の有効性があることを確認した。

今後の課題として、問題の解答とは関係ない箇所にミュータントを生成することや、有効性をより発揮できる問題の組み合わせを見つけ教授者側に示せるようにすること、問題ごとに解説を取り入れることが考えられる。

参考文献

- [1] 森一樹, 田中昂文, 橋浦弘明, 樫山淳雄, 古宮誠一, ”プログラミング演習支援のための細粒度履歴収集環境の開発”, 情処研報ソフトウェア工学(SE), 2013-SE-179(16), pp.1-6, 2013-03-04.
- [2] 寫津達也, 高田眞吾, 丹野治門, 生沼守英, ”JavaScriptを対象とした等価ミュータント自動検出に関する研究”, 情処研報ソフトウェア工学(SE), 2015-SE-187(1), pp.1-7, 2015-03-05.
- [3] IBM Knowledge Center, ”Javaの利点”, https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ja/ssw_aix_71/com.ibm.aix.performance/advantages_java.htm (2017/1/12アクセス).

表2 ツールの有効性確認実験の結果

被験者	問題の回答数	やり直しの回数	正答数	誤答数	誤答の推移
A	30	2	28	2	1回, 1回
B	10	0	10	0	
C	10	0	10	0	
D	10	0	10	0	