

情報系学生のためのデバッグ学習支援環境の提案

橋浦研究室 120I057 金谷葵 120I189 御郷琢磨

1. 研究背景

ソフトウェア開発を進めるにあたって、バグに遭遇することは避けられない。そのため、バグ修正の手段を複数持ち、ある手段を用いてバグが特定できなくても、別の手段を行使できることは重要である。情報系学生がデバッグを活用できるかを確認するために、事前調査として、デバッグに関連するカリキュラムが実施されたかを他大学含め確認した。その結果、デバッグに関連する授業は積極的に行われていないことを確認できた。またプログラミングの授業支援において、デバッグを行う際学生は `print` 文を用いていることが分かった。以上の調査より、ブレークポイントを用いたデバッグの使い方と、体系的なデバッグ手順[1,2]の学習支援が必要だと考えられるため、情報系学生のためのデバッグ自己学習支援環境の構築を行う。

2. 研究目的

本研究はデバッグの使用方法が分からない情報系学生に対し、ブレークポイントを用いたデバッグの使い方と、体系的なデバッグ手順の学習支援を行うことである。

3. 提案手法

本研究ではデバッグ自己学習支援環境として、Scratch[3]にブレークポイントとステップ実行の機能および一時停止している箇所を赤く表示する機能を追加した。これらの機能は、一般的な IDE のデバッグの動作に近づけることを目指しており、Scratch から他のプログラミング環境への学習移転を容易にすることを目的としている。



図 1. Scratch に実装した機能

- 手順に変化は生じるか
RQ3: ツール使用者は適切にデバッグを使えているか

図 1 に実装した機能を示す。

本機能が被験者に有効な影響を与えているか確認するために、以下の RQ を設定した。

RQ1: ツール使用者とツール未使用者でデバッグ機能の使用に変化は生じるか

RQ2: ツール使用者とツール未使用者でデバッグ

4. 評価

日本工業大学所属の学部生 18 人、大学院生 1 人、研究生 1 人を被験者とした実験を行った。被験者らは学部で「プログラミング I」「プログラミング II」履修済みである。実験は、被験者を無作為に提案ツールによる学習を行うグループ (以下、A グループ) と一般的な IDE を用いて学習を行うグループ (以下、B グループ) に割り振った。各グループに対する実験の流れを図 2 に示す。

実験において被験者に示したデバッグ手順を以下に示す。

- ① 発生しているバグの確認
- ② プログラム全体を読み込み内容の把握
- ③ 着目したい変数・処理に挟み込むようにブレークポイントを使用
- ④ ブレークポイントを使用した箇所の動作を予測
- ⑤ 予測と実際の動作が一致しないときバグ修正
- ⑥ 発生しているバグが修正されるまで③~⑥を繰り返す



図 2. A グループ (左) と B グループ (右) が辿るプロセス

本研究におけるデバッグとは、上記の順に従い、学習者がバグの原因であると予測した変数に対し、その変数が使われている処理に挟み込むようにブレークポイントを使用できることを指す。

RQ を評価する対象は各グループの練習問題とテスト問題であり、使用されたデバッグ機能と被験者のデバッグ手順を録画より目視で確認した。デバッグ機能の評価項目は「ブレークポイント」「続行」「ステップオーバー」「ス

「ステップイン」「ステップアウト」「ウォッチ式」であり、一度でも使用を確認できたらカウントした。デバッグ手順の評価項目は先述したデバッグ手順の③~⑤であり、「ブレークポイントを処理に対して挟み込む」「ブレークポイントを使用した意図がある」「バグ修正」を行えたらカウントした。

5. 結果と考察

RQ1 において、本ツールに実装した機能は「ブレークポイント」と「ステップイン」であるため、検定対象は上記2つの項目とする。また、この2つの項目において期待度数が0になるものは、検定対象外とする。上記の内容を踏まえて、RQ1 では、練習問題の「ステップイン」で有意差(ステップイン: $\alpha=0.05$, $p=0.0389$)が生じ、テストでは生じなかった。表1に「ステップイン」の検定結果を示す。

表1. 練習問題「ステップイン」の検定結果

採点者 A			
ステップイン			
#	使用状況	ツール学習あり	ツール学習なし
1	使用した	10	5
2	使用していない	0	5
3	p 値 (採点者 A)	0.038867104	

有意差を確認できた「ステップイン」について、本ツールでステップ実行を行う操作が「ステップイン」となるため、表1のようにクロス表に0が生じた。そのため、今回得られた有意差に妥当性はないと考えられる。

RQ2 では練習問題、テストともに有意差が現れた項目はなかった。

RQ3 は RQ1 と RQ2 において有意差が生じなかったため、A, B グループどちらとも同等に使えているといえる。

RQ1 の結果と RQ2 の結果より、練習問題の内容を踏まえ、テストの結果を見ると、A, B グループに差を確認できず、本ツールを使用せずに学習を行う方が Scratch の仕様を把握するプロセスを挟まないため、負担を小さく、より実践的な技術を身につけることができるといえる。

上記のような結果になった要因として、基本的なプログラミング構文を知っている被験者にとって、Scratch の仕様(配列の添字が1からはじまる等)が混乱を生じさせてしまったことが考えられる。また、出題した問題は A, B グループ同じになるように設計したが、B グループの方が問題に対する把握が早かった。これは、IDE で記述されたプログラムよりも Scratch で記述されていたプログラムの方が複雑であったからであると考えられる。

本実験では集計の方法に再現性があるかどうかを確かめるために、集計を2人で行った。その結果、カウント数の差は1~2 生じる箇所は存在するが、この差は目視チェックにおける漏れであると考えられる。しかし、上記の差により、練習問題の「ステップイン」について結果が2分化してしまった。表2にその内容を示す。

表2. 練習問題「ステップイン」の検定結果

採点者 B			
ステップイン			
#	使用状況	ツール学習あり	ツール学習なし
1	使用した	10	6
2	使用していない	0	4
3	p 値 (採点者 B)	0.093532513	

表2の内容より、カウント数1の差で有意差の有無が生じてしまっている。これは、クロス表に0が生じていることが理由であるため、0が生じた箇所の有意差に意味はないと判断する。

本実験においては有意差の有無が「ステップイン」のみに留まったが、カウント数に差が生じることは問題であるため、今後の課題として、評価基準の改訂を行う必要がある。

また、このような差が生じてしまうのは、目視による録画チェックにあるため、使用の有無をログとして残すようにすることが求められると考える。

6. まとめ

実験結果から本研究のツールの使用の有無でブレークポイントを用いたデバッグ機能の使い方および体系的なデバッグ手順の学習に、変化は生じないことが分かった。

今後の課題として、本ツールで学習に有用な変化が生じなかった原因を追求していくことが挙げられる。

謝辞

研究を進めるにあたり、橋浦弘明准教授からいただいた貴重な助言に心から感謝申し上げます。

参考文献

- [1] A. Böttcher, V. Thurner, K. Schlierkamp, and D. Zehetmeier, "Debugging students' debugging process," Proc. of the 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. 1-7, Oct. 2016.
- [2] Edward J. Gauss, "The "wolf fence" algorithm for debugging," Commun. ACM, Vol.25, No.11, p.780, Nov. 1982.
- [3] MIT Media Lab Lifelong Kindergarten Group, "Scratch," <https://scratch.mit.edu/> (Accessed on 2023/12/18).