

熟達者の視線行動を用いた デバッグ学習支援の提案と評価

吉森 航平[†] 加納 徹[†] 赤倉 貴子[†]
[†] 東京理科大学工学部情報工学科

1. はじめに

現状のプログラミング教育においては、プログラミング初学者がデバッグにハードルを感じるという課題がある[1]. 本稿では、熟達者のプログラミングデバッグ時における視線行動を、順序情報を含めて学習者に提示するデバッグ学習支援を提案し、その有用性を検証する。

2. 熟達者の視線データ収集

熟達者の視線データ収集をするために、十分なプログラミング経験のある理系大学生 10 名を対象とした事前実験を行った。被験者はエラーを含んだプログラムに対し修正を行い、指定された出力結果を再現する問題を 5 問解く。解答中の被験者の視線データを、視線トラッキング装置である、Tobii Eye Tracker 4C を用いて取得した。被験者は Visual Studio Code を利用して、問題の解答を行う。実際に問題を解く画面を図 1 に示す。

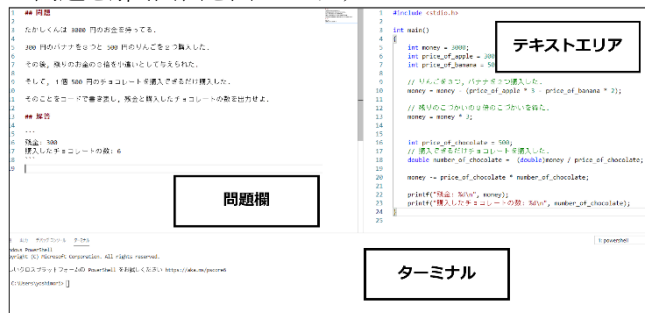


図 1 プログラミングデバッグ画面

2.1 視線データにおける妥当性の確認 本稿における学習支援では、一定の規則性を持つとされるプログラミング熟達者の視線行動を学習者に提示する。そのため、事前実験で得られた熟達者間の視線データの類似度を測ることで規則性の有無を確認する必要がある。その方法として、Jensen – Shannon(JS) ダイバージェンスを用いた。JS ダイバージェンスとは、確率分布間の類似度を測る尺度である Kullback – Leibler(KL) ダイバージェンス D_{KL} に対称性を持たせたものである。正規化し確率分布とみなした 2 つのヒートマップ $P(X, Y)$, $Q(X, Y)$ 間の JS ダイバージェンス $D_{JS}(P, Q)$ は、以下の式で求められる。

$$D_{JS}(P, Q) = \frac{1}{2} \{D_{KL}(P||M) + D_{KL}(Q||M)\} \quad (1)$$

ただし、 $D_{KL}(P||Q)$ は次式で定義される。

$$D_{KL}(P||Q) = \sum_x P(x) \log \frac{P(x)}{Q(x)} \quad (2)$$

ここで、 M は確率分布 P と Q の平均をとったものである。

2.2 視線データ提示手法 事前実験で取得した視線データを用いて、0.5 秒分の注視箇所をマッピングし、それを時系列的に表示するシステムを作成した。被験者が利用するシステム上で、実際に注視箇所がマッピングされた様子を図 2 に示す。

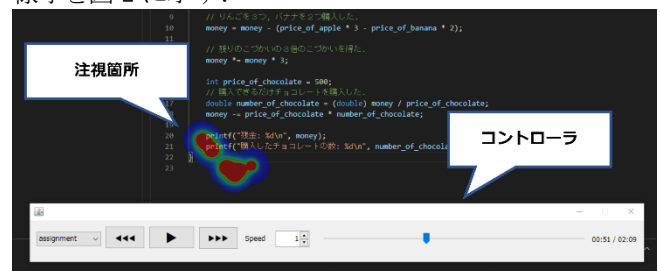


図 2 視線データ提示システム

3. 評価実験・結果

基礎的なプログラミングを学習中の理系大学生 4 名を対象とした評価実験を行った。被験者は、事前実験と同様のプログラミングデバッグ問題と、2.2 節で述べたシステムを用いた学習を体験する。提示学習の前後では、事前実験と同様の能力確認テストを実施した。また、評価実験後には、提示学習に関するアンケートを実施した。

評価実験の結果、能力確認テストにおいて、点数の向上が見られ、視線行動を熟達者のものに近づける効果が確認できた。また、アンケートの結果から、熟達者の思考過程を伝達できていることが確認できた。

4. まとめ・今後の課題

評価実験の結果から、今回実施した、順序情報を含んだ熟達者の視線情報提示による学習支援によって、熟達者の思考過程を伝えながら、自主的なデバッグプロセスの理解を支援できることが確認できた。

今後の課題として、学習者の知識の定着度に関わらず効果が期待できる、プログラミングに必要な知識と併せて提示するシステムの開発が求められる。

参考文献

[1] Y. Lin, C. Wu, T. Hou, Y. Lin, F. Yang, and C. Chang, "Tracking Students' Cognitive Processes During Program Debugging An Eye-movement Approach," IEEE Transactions on Education, vol.59, no.3, pp.175-186, 2016.