

視線追跡に基づくプログラミング技能評価に関する研究 - データ分析ソフトウェアの開発 -

A Study on Programming Skill Evaluation Based on Eye-Tracking - Developing Data Analysis Software -

花房 亮^{*1}, 沖本 恒輝^{*1}, 山岸 秀一^{*1}, 加島 智子^{*2}, 松本 慎平^{*1}
Ryo HANAFUSA^{*1}, Koki OKIMOTO^{*1}, Shuichi YAMAGISHI^{*1},
Tomoko KASHIMA^{*2} and Shimpei MATSUMOTO^{*1}

*1 広島工業大学 情報学部

*1 Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

Email: b212087@cc.it-hiroshima.ac.jp

*2 近畿大学 工学部

*2 Faculty of Engineering, Kindai University

あらまし: プログラミングを不得手とする層の特徴を明らかにするため、著者らはこれまで、プログラミングが学習経験に強く関係する暗黙的思考技能である点に着目し、既報でその成果を報告してきた。蓄積経験が強く反映される眼球運動のデータを取得し、プログラミング読解の過程を眼球運動の観点から明らかにすることを試みた研究は既に報告されているが、プログラミング技能の判定手法を視線追跡の結果から構築することを目指した研究は十分に行われていない。そこで本研究では、プログラミング読解学習の思考過程を課題とし、学習者の主観的技能程度に応じて視線運動に差が生じるかどうかの検証を行うこと、プログラミング読解過程の視線分析に特化したソフトウェアを開発することを目的とする。

キーワード: プログラミング, 技能分析, 視線追跡, 画像処理

1. はじめに

ソフトウェア開発に対する社会からの要望は今後一層拡大することが予測されている。特に近年、プログラマを中核に据えたソフトウェア開発技法が多くが開発現場で積極的に採用されている。したがって、情報技術者は、直接的にプログラミングに関わらない場合であってもプログラミングの本質を十分に理解していることが強く求められている。プログラミングを不得手とする層を的確な指導により支援する必要があると考えられる。よって、従来言語化が困難であった「できない」理由を学習者の特徴から明らかにし、学習者に適した方法でプログラミングを教授する必要があると考えられる。

プログラミングを不得手とする層の特徴を明らかにするため、著者らはこれまで、プログラミングが学習経験に強く関係する暗黙的思考技能である点に着目し、既報でその成果を報告してきた^(1,2)。蓄積経験が強く反映される眼球運動のデータを用いてプログラミング読解の過程を眼球運動の観点から明らかにすることを試みた研究は既に報告されているが⁽³⁾、視線追跡のデータに基づき、プログラミング技能の自動判別や特徴抽出、それらを活用した教授法構築を試みた研究は十分に行われていない。

そこで本研究では、プログラミング読解学習の思考過程を課題とし、学習者の主観的技能程度に応じて視線運動に差が生じるかどうかの検証を行うこと、プログラミング読解過程の分析に特化したソフトウェアを開発することを目的とする。

2. 実験条件

言語の全般的な基本文やアルゴリズム基礎・演習といったプログラミングの基本を既に習得している大学生4年24名を被験者として実験を行った。なお、眼球運動計測には、Tobii Technology社製X2-30アイトラッカーを使用した。プログラミングに対する得手不得手の主観評価と過去のプログラミング関連科目の成績を参考として、被験者を得意群8名、普通群8名、不得意群8名の計3群に分類する。実験では、多くて20行程度のプログラムを提示し、13インチディスプレイにちょうど収まるサイズにまで文字を拡大する。これを実験課題として被験者に提示し、プログラム読解中の被験者の眼球運動を取得する。実験後、ゲイズリプレイを用いた回顧的発話思考法により、被験者から回答を得る。ここでは、視線の動作記録を被験者に提示しながら、どのような理由で視線を動かしていたのか、あるいは注目していた理由などを得る。実験結果は、各ソースコードに対して被験者が注目していた箇所をゲイズプロットとヒートマップで提示する。実験結果の一例を図1に示す。実験から、スキルに応じた注視箇所の差を確認できる。

3. 実験結果のまとめ

得意群では、被験者同士で注目箇所にはほぼ一致が見られ、とりわけ処理の中で重要となる箇所を注視できていたことを確認した。

普通群では、被験者ごとに振る舞いに多様性が存

在すること、注目箇所が全体的に発散している傾向にある。その理由として、被験者間で視線軌道に多様性が存在していたことがある。この群は、一通り理解しているという自覚から全てを見ようとするが、非効率な面が主要因として考えられ、これは経験不足が大きく影響していると考えられる。

不得意群では、被験者ごとに振る舞いの多様性が確認された。とりわけ、変数宣言やヘッダといった本質的に重要ではない箇所に注視が行われている点が不得意群の特徴であった。この背景には単純な知識不足があり、その結果、無意味な文脈から意味を探そうとし、あるいは自分の規則で考えようとした結果であると考えられる。

4. プログラミング技能分析専用ソフトウェア

プログラミング読解過程の分析に特化した視線分析ソフトウェア Eye Processor を開発した。Eye Processor は、安価に入手可能な The eye tribe に対応したソフトウェアであり、プログラミング教育現場に本提案の成果を広く普及させることを目的に開発されたものである。まず、Tobii X2-30 で取得したデータを Tobii Studio と Eye Processor で処理し、類似の結果(ゲイズプロット、ヒートマップ)が得られるよう出力画像を調整する(ソフトウェア間比較)。次に、類似の結果が得られていることを確認した後、X2-30 と The eye tribe でそれぞれ視線データを取得し、Eye Processor で処理を行うことで、デバイス間性能比較実験を行う。比較実験で用いた実験課題を図 2 に示す。丸は注視箇所、丸の中の時間は注視時間(秒)、矢印は視線の移動方向を表している。出力画像の類似度は、Perceptual Hash で評価する。被験者は 8 人とした。

ソフトウェア間性能比較を行った結果、PCC(Peak of Cross Correlation)においてゲイズプロットの平均で 0.793、ヒートマップの平均で 0.627 の値を得た。この結果を踏まえて、デバイス間比較を行い(図 3, 4 参照)、プログラミング読解過程の分析に最適なソフトウェア設定を明らかにした。

5. おわりに

本研究では、学習者の主観的到達度や理解度に応じて視線運動に差が生じるかどうかの検証を行った。また、プログラミング読解過程の分析に特化したソフトウェアを開発した。

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

(1) 沖本恒輝, 加島智子, 松本慎平, 山岸秀一, 視線追跡

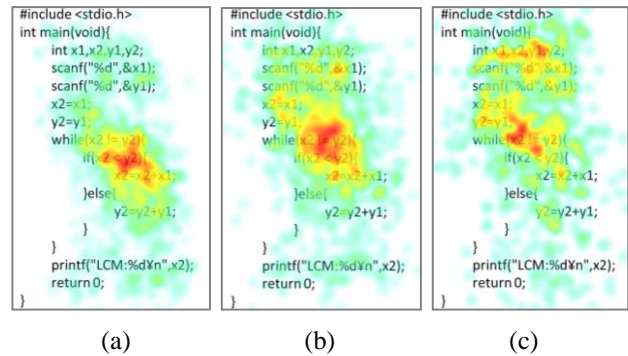


図 1 実験結果の一例。(a)は得意群, (b)は普通群, (c)は不得意群

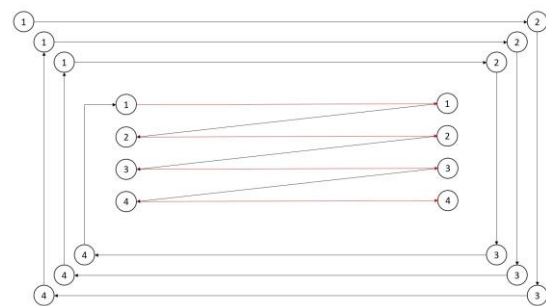


図 2 ソフトウェア評価用の実験課題

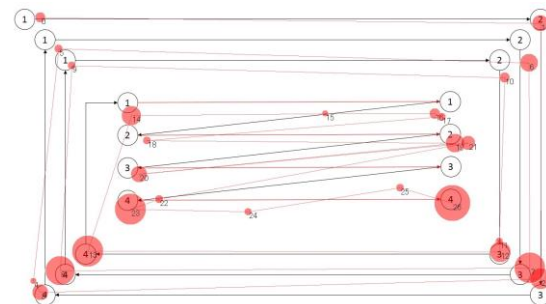


図 3 デバイス間の比較(Tobii 社製)

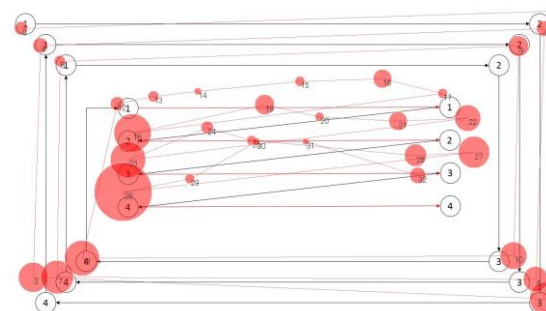


図 4 デバイス間の比較(Eye Processor)

に基づいたプログラミング思考過程の推定, 教育システム情報学会 2013 年度学生研究発表会中国支部講演論文集, D3, pp.45-46 (2014).

- (2) 沖本恒輝, 松本慎平, 加島智子, 山岸秀一, 青木真吾, プログラミングトレース学習の思考過程推定法の提案, 第 39 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, SG1-2, pp.309-310 (2014).
- (3) H. Uwano, M. Nakamura, A. Monden, and K. Matsumoto, Exploiting Eye Movements for Evaluating Reviewer's Performance in Software Review, IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E90-A, No.10, pp.317-328 (2007).