

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12804

研究課題名（和文）学習者の体験をフィードバックとして顕在化させるプログラミング学習支援環境の開発

研究課題名（英文）Programming Learning Support System Exposing Learners' Experiences as Feedback

研究代表者

谷口 雄太（Taniguchi, Yuta）

九州大学・情報基盤研究開発センター・助教

研究者番号：20747125

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではプログラミング演習授業における学習者の状況把握を、学習者の学習活動ログデータの分析から自動的に行うことで、教師と学習者の支援を行うための研究開発を行った。具体的にはコンパイラのエラーメッセージの分析や一連の学習活動系列の分析、学習者がエラー解決が可能かどうかを予測する手法の開発を行った。学習者が遭遇するエラーはほとんどの場合ユニークであり、個別にケアする必要があることが分かった。また、ある程度の精度で早期予測する予測手法も開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は、昨今ますます重要視されているプログラミング学習に対し、自動的な学習支援のための学習環境の開発と支援技術開発を行ったことである。また、ラーニングアナリティクス分野において、学習の過程を詳細に記録可能なプログラミング演習を題材に、電子教科書システムとプログラミング学習システムという異種システムの双方から得られる、マルチモーダルなログデータを分析するための手法を開発して、多様な学習活動ログを組み合わせたことの有用性を示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted research and development to support teachers and learners by automatically understanding the situation of learners in programming exercise classes through analysis of their learning activity log data. Specifically, we analyzed compiler error messages and a series of learning activity sequences, and developed a method to predict whether learners can solve errors themselves or not. We found that the errors encountered by learners are almost always unique and need to be taken care of individually. We also developed a prediction method for early prediction with a certain degree of accuracy.

研究分野：Learning Analytics

キーワード：プログラミング学習 学習過程 エラー解決

1. 研究開始当初の背景

プログラミング学習においては、例えばソースコードのコンパイルエラーの解消に時間が掛かるといった学習上の困難が、学習者にとって大きなつまずきとなり得る。学習者が教師へ質問をしたり、学習日誌に自身の学習状況について記載をしたりすれば、教師は多くの学習上の困難を把握することができる。しかし、実際には学習者は自身の抱える疑問や問題について必ずしも教師にフィードバックしようとせず、例えば友人同士で問題を解決しようとする事も多い。プログラミング初級者にとって、プログラミング学習とはソースコードのコンパイルエラーの解決と言っても過言ではない。例えばタイプミスや文法ミスなどは初級者の典型的な誤りである。これらはコンパイラによりコンパイル時にエラーとして処理されるが、コンパイラから学習者に提示される情報は必ずしも直接的でなく、学習者は表示されるエラーメッセージから何が本質的な問題であるのかを読み解かなくてはならないという問題がある。高度な知識も経験もない初級者にとって、エラーメッセージの理解は非常に困難である。例えば本質的には1文字のタイプミスであっても、複数の具体的なエラーメッセージが同時に表示され、学習者は何が本質的な問題なのか把握できない。そのため、自分が何の問題でつまづいているか分からず、教師にフィードバックする際の障壁となっている。このような学習者の状況を自動的に把握できる方法があれば、教師にとっても学習者にとっても授業や学習の改善に役立つと考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、プログラミング学習における学習者の活動を細かく記録することにより、学習者の状況を分析可能にする。また、分析から得られた情報を教師や学習者へフィードバックすることにより、教師やクラスの学習者の状況を簡単に把握したり、学習者が自身の状況を正しく理解したりするのを支援することを目的とする。

3. 研究の方法

3.1 コンパイルエラーに関する分析

まず膨大に蓄積されているデータの構造化方法の確立を進めた。コンパイルログデータは非構造化データとして蓄積されており、そのままでは高度な分析を行うことは難しい。そこで、コンパイラの出力に含まれるエラーメッセージやコンテキスト情報、注釈などを抽出し、一定の構造に整形する方法を確立した。またエラーメッセージは同様の内容でも多数のパターンがあるため、エラーメッセージのグループ化方法についても開発を進め、5万2千種類を超えるエラーメッセージを、247種類にまで集約して同一視することが可能となった。次に構造化されたデータを用い、学習者が実際にどのようなエラーに遭遇しているのか、またどのようにしてエラーの解決をしようとしているのか分析した。

3.2 一連の学習活動系列に対する分析

詳細な学習活動の記録を行うために、新たにプログラミング学習支援システムの開発を行った。授業では電子教科書システムとプログラミング学習支援システムの双方を使うため、これらを連携させることにより、学習者がプログラム作成中に電子教科書のどこを参照しているかより直接的に記録できるよう開発を行い、また両システムを容易に切替え可能な仕組みの開発を行った。これにより、自宅における学習活動の記録や、従来の演習環境では収集することが困難であった学習時の細かな行動の記録を実現した。収集されたデータを用いて、コンパイルエラーの発生後それを学習者が解決(成功)する、または解決することを放棄(失敗)するまでの連続する行動列「エラー解決過程」が学習者によってどのように違うかを講義で扱われる複数のトピックを対象に調査した。また、つまづきの早期発見を目的に、エラー解決過程が成功するか失敗するかを最初の数分の行動から予測する試みも行った。

4. 研究成果

4.1 コンパイルエラーに関する分析

エラーと学習者、エラーと演習課題の間の共起関係を分析した結果、多くの学習者が共通して遭遇するようなエラーの種類は実のところ極少数しかなく、およそ半数のエラーは高々1%の学生しか遭遇せず、3/4のエラーでも高々5%の学生しか遭遇しないことが分かった。逆に過半数の学生が共通して遭遇するエラーは高々5種類程度であった。また、学習者がエラーに遭遇した時に電子教科書のどのページを見ているかについて分析を行い、ページの閲覧がエラー解決にポジティブな影響を与えるかどうか調べたところ、エラーが解決するかどうかは比較的明確に分かれることが分かった。

4.2 一連の学習活動系列に対する分析

エラー解決過程に掛かる時間については、解決できた場合とそうでない場合に同程度の時間を

割いている学習者は比較的少なく、どちらか一方により多くの時間が割かれている、つまり学習者が二極化していることが明らかとなった。またエラー解決過程が成功するか失敗するか予測手法の開発については、成功に終わるエラー解決過程の方が失敗に終わるものより多いという偏りがありながら、AUC 評価指標で 0.57 前後の精度で予測できることが分かり、学習者のつまずきとなるかどうかをある程度の精度で早期判定できる技術を開発できた。本科研費による研究終了後も、データの蓄積を継続的に行うことにより精度の向上が可能と考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Yuta Taniguchi and Atsushi Shimada
2. 発表標題 Collecting and Integrating Multimodal Data from a Programming Exercise Environment
3. 学会等名 Workshop on Integrating Multi-Channel Learning Data to Model Complex Learning Processes at the LAK 2020 Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuta Taniguchi, Fumiya Okubo, Atsushi Shimada, Shin'ichi Konomi
2. 発表標題 How are Students Struggling in Programming? Understanding Learning Processes from Multiple Learning Logs
3. 学会等名 The 11th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Taniguchi, Atsushi Shimada, Shin'ichi Konomi
2. 発表標題 Investigating Error Resolution Processes in C Programming Exercise Courses
3. 学会等名 The 12th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口雄太, 峰松翼, 島田敦士
2. 発表標題 構成的学習環境
3. 学会等名 情報処理学会 第31回 CLE 研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------