

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01036

研究課題名(和文) ラーニングアナリティクスを活用したソフトウェア技術者教育支援システム

研究課題名(英文) Software Engineer Education Support System using Learning Analysis

研究代表者

大月 美佳 (Ohtsuki, Mika)

佐賀大学・理工学部・講師

研究者番号：20315138

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、研究代表者らが研究開発を進めてきた教育支援ツールの成果を統合し、様々なプロセスにおける学習者の学習データを収集・分析および学習者が作成した成果物の自動チェックを行う仕組みを、包括的なソフトウェア開発技術者教育支援システムとして構築する。また、構築したシステムで実際の授業の学習データを収集・分析することにより、学習者の達成度評価や様々な教育上の工夫に対する定量的な効果測定を行い、結果を学習者にフィードバックして教育効果の改善を図った。これらの成果は、学会論文誌や審査制度のある国際学会等で研究発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果によって、IT技術者を目指す学生や現役IT技術者を対象とする系統的な教育・訓練が可能になることが期待される。座学による教育はMOOC(オンライン教育)によっても実現できるが、実践的な演習を行うことが、高度なIT技術者を育成するには不可欠である。本システムを活用することで、演習指導者や受講者に、教育上有益な様々な情報も提供できる。本システムを活用して収集した学習データは、教育上の様々な工夫の適用効果を定量的に評価する上で重要である。学習データを分析することで学習者の能力も評価できる。その評価結果は、研究分担者(掛下)らが推進している研究においても重要なエビデンスとなっている。

研究成果の概要(英文)：In this research, we integrated our research results so far for education support tools. We developed a system for software development engineers to collect and analyze learning data in several software processes and to automatically check deliverables created by students. Then the system becomes an overall education support system for software development engineers. We also perform an effective education by collecting and analyzing actual learning data in our universities using the constructed system. The analysis result is utilized for evaluating student achievement and effects of improvement on education through feedback to students. We presented these research results in various research journals and refereed international conferences.

研究分野：ソフトウェア工学, 教育工学

キーワード：科学教育 ソフトウェア技術者教育 コンピュータ支援教育 ラーニングアナリティクス

1. 研究開始当初の背景

社会のあらゆる分野で IT を活用したサービスが重要な位置を占めており、IT はビジネスや社会における様々なイノベーションをもたらす基盤技術として大きな期待を集めている。こうした期待を背景に、政府も「最先端 IT 国家創造宣言」や「科学技術イノベーション総合戦略 2015」等を閣議決定して推進に努めている。社会が求める高度 IT 人材を育成する上でプログラミング教育は不可欠であり、その支援を目的とする各種のソフトウェアツールが提案されている。しかし、共通フレーム 2013 (ソフトウェアの構想から開発、運用、保守、廃棄に至るライフサイクルを通じて必要な作業項目等を包括的に規定した共通の枠組み)等を参照すると、コーディングの前提となる企画、要件定義、設計の各プロセスや、サービス提供の基盤となる品質保証プロセスおよびプロジェクトプロセスの重要性が高まっている。ところが、これらのプロセスを含む系統的な教育プログラムの開発は遅れている。

また、教育環境でも情報化が進み、教育環境に関するデータを大量に収集することが可能になった。このデータ増大を学習者の向上に活用するため、2000 年代後半からラーニングアナリティクス (LA, Learning Analytics) が研究されるようになった。LA ではさまざまな領域の複数のパラダイムの理論と方法を同時に用い、さまざまな学習の活動において測定、生成されたデータを用いて学習の比較、追跡をおこなう。しかし、LA の知見はソフトウェア開発技術者教育には活用されていない。

本研究は、上述した各プロセスを含む系統的かつ実践的な教育支援を実現するソフトウェア環境を構築し、その上での活動データをラーニングアナリティクスの考え方に基づいて収集・分析することで、効果的な教育を実現することを目指すものである。

2. 研究の目的

ラーニングアナリティクスは、学習者が「賢くなる」ことを目的として、近年の教育の情報化に伴い増大した教育環境に関するデータを測定、収集、分析、レポートする方法やアプローチを指す。一方、ソフトウェア開発技術者に対する教育としては、プログラミングだけでなく、企画、要件定義、設計、品質保証、プロジェクトマネジメント等の技術に係る系統的な教育が求められている。これらを指導するには座学だけでなく実践的な演習が欠かせない。

本研究では、研究代表者らが研究開発を進めてきた要求管理教育ツール REMEST、ソフトウェア設計支援ツール Perseus、プログラミング教育支援ツール pgtracer 等の成果を統合し、様々なプロセスにおける学習者の学習データ等を収集・分析する仕組みや、学習者が作成した成果物の自動チェックを行う仕組みを構築することにより、包括的なソフトウェア開発技術者教育支援システム ALECSS (Automated Learning and Evaluation Cycle Support System) を構築する。また、構築したシステムを実際の授業で運用し、学習データを収集・分析する。これにより、学習者の達成度評価や様々な教育上の工夫に対する定量的な効果測定などの結果をおこない、学習者にフィードバックすることで効果的な教育の達成を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、各種ソフトウェア設計支援ツールからの学習データの自動収集機能の実装、実装した機能でのデータ収集、収集したデータの解析の 3 つの工程で研究を実施した。

学習データの自動収集機能の実装については、穴抜きを用いたプログラミング教育支援ツール pgtracer の機能拡張の追加、REBOK に基づく要求管理教育ツール REMEST へのトレーサビリティ編集・チェック機能の追加、統合開発環境 Eclipse を拡張した作業ログを記録する機能の実装、UML 図作図ツール PlainUML Editor での学習データ自動収集機能の実装、ALECSS へのテストケースチェック機能や Git 作業実行チェック機能の追加、Perseus へのルーチン呼び出しおよびデータアクセス関係の自動抽出機能の追加を順次おこなった。

並行して、システムの基盤となるサーバを佐賀大学に設置し、ALECSS へ既存の教育支援ツールの組み込みを徐々に進め、構築した環境を佐賀大学および熊本高専の幾つかの授業で運用して学習データの収集・分析を行った。

また、収集した学習データの統計解析ツール R を用いた分析機能を開発した。さらに、運用実験の経験を踏まえて、構築したシステムの最終調整を行い、分析したデータを学生及び教員にフィードバックする機能を開発した。計画していた授業で構築したシステムを運用し、学習データの収集および統合分析を行った。

4. 研究成果

平成 29 年度に熊本高専にて pgtracer を使った授業実践をおこない、pgtracer を用いてプログラミング問題におけるマスクおよびコメントの非表示の影響などについて収集したデータを用いて定量分析し、その結果を国際学会 LTLE 2017 で発表するとともに、International Journal of Learning Technologies and Learning Environments に掲載した。平成 30 年度には、熊本高等専門学校でデータ収集を進め、統計処理ツールによる分析結果を論文として国際学会 (7th

International Conference on Learning Technologies and Learning Environment, LTLE 2018, 日本)にて発表した。令和元年には、統計処理ツールによる分析結果を論文としてまとめたものが、令和元年6月の情報処理学会論文誌：教育とコンピュータ(TCE)のVol. 5, No. 2に掲載された。また、前年度に引き続き収集を続けた結果を、令和元年7月の国際学会 IIAI-AAI(8th International Congress on Advanced Applied Informatics)にて発表した。pgtracer の実践報告は、情報処理学会 情報教育シンポジウム SSS2018 で優秀発表賞も受賞している。

LTLE 2018 では、REMEST の実験での適用データを分析した結果も発表した。

平成30年度前期の実験講義「システム開発実験」では、前年度開発した学習データの自動収集のための Eclipse を拡張して作業ログを記録する機能を導入し、データ収集をおこなった。同実験講義では、ソフトウェア開発技術者教育支援システム ALECCS の機能を学生に提供し、各種学習活動データ収集に加えてシステムの使用感アンケートなどをおこなった。この結果については、令和元年5月の国際学会(CSEdu2019, ギリシャ)にて報告した。令和元年度前期の実験講義「システム開発実験」でも、前年度から継続してソフトウェア技術者教育支援システム ALECCS の機能を学生に提供し、各種学習活動データ収集に加えてシステムの使用感アンケート収集をおこなった。

UML 図(クラス図)の自動採点機能および作成履歴データの自動収集機能の実装については、基礎調査時点でいくつか問題があることが判明したため、Astah* Professional ではなくテキストのマークアップ記法である PlainUML とその WebUI である PlantUML Editor を利用する方向で再検討をおこない、平成30年度に UML 図のテキスト形式での記述法 PlantUML およびその WebUI についての基本機能の実装をおこなった。令和元年度はこれを拡張してログイン機能とデータ収集機能を実装した。これらの成果は卒業研究としてまとめられた。

教育成果の質と量に関する Web アンケートシステムについての報告は平成30年度の情報処理学会の論文誌に採録され、さらに令和元年7月の論文誌 Olympiads in Informatics, Vol. 13 に掲載された。また、本研究の知見を活かした CAS ガイドラインに基づいた小学校プログラミング教材の提案は、SSS2018 にて学生奨励賞を受けた。平成30年度には、中学校・高校段階でのプログラミング学習教材の開発も進め、その成果を情報処理学会 情報教育シンポジウム SSS2019 で発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 掛下 哲郎 , 大月 美佳	4. 巻 5(1)
2. 論文標題 教育成果の質と量に関するWeb調査を対象とする柔軟性の高いアンケートシステム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌：教育とコンピュータ (TCE)	6. 最初と最後の頁 39-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tetsuro Kakeshita	4. 巻 12
2. 論文標題 National Survey of Japanese Universities on Computing Education: Analysis of Departments Majored in Computing Discipline	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Olympiads in Informatics	6. 最初と最後の頁 69-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15388/ioi.2018.06	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tetsuro Kakeshita, Miyuki Murata	4. 巻 Vol. 1, No. 1
2. 論文標題 Application of Programming Education Support Tool pgtracer for Homework Assignment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Learning Technologies and Learning Environments	6. 最初と最後の頁 41-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kazuhiro Sumi, Mika Ohtsuki, Tetsuro Kakeshita	4. 巻 Vol. 13
2. 論文標題 Survey and Analysis of Computing Education at Japanese Universities: Subject of "Information" for High School Teacher 's License	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Olympiads in Informatics	6. 最初と最後の頁 123-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15388/ioi.2019.08	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tetsuro Kakeshita, Naoko Takahashi, Mika Ohtsuki	4. 巻 Vol. 13
2. 論文標題 Survey and Analysis of Computing Education at Japanese Universities: Informatics in General Education	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Olympiads in Informatics	6. 最初と最後の頁 81-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15388/ioi.2019.06	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tetsuro Kakeshita, Mika Ohtsuki	4. 巻 Vol. 13
2. 論文標題 Survey and Analysis of Computing Education at Japanese Universities: Non-IT Departments and Courses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Olympiads in Informatics	6. 最初と最後の頁 57-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15388/ioi.2019.05	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kakeshita Tetsuro, Ohta Kosuke	4. 巻 27
2. 論文標題 Student Log Analysis Functions for Web-based Programming Education Support Tool pgtracer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 456-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2197/ipsjnip.27.456	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村田美友紀, 嘉藤直子, 掛下哲郎	4. 巻 Vol.6, No. 2
2. 論文標題 プログラミング学習支援ツールpgtracerを自学習に活用した授業実践と学習行動の分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌「教育とコンピュータ	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Miyuki Murata, Naoko Kato, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Analysis of Student Activity and Its Effect Utilizing Programming Education Support Tool pgtracer
3. 学会等名 7th International Conference on Learning Technologies and Learning Environment (LTLE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Maeda, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Traceability Editing and Checking Functions for Requirement Management Education Support Tool REMEST
3. 学会等名 7th International Conference on Learning Technologies and Learning Environment (LTLE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuro Kakeshita, Eriko Uematsu, Toshinori Saito
2. 発表標題 International Comparison of College-Level Computing Education
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuro Kakeshita, Kenji Matsunaga, Kazurio Sado
2. 発表標題 A Comparison Analysis between Achievement and Requirements for Computing Education
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村田 美友紀, 嘉藤 直子, 掛下 哲郎
2. 発表標題 プログラミング学習支援ツール pgtracer を自学習に活用したプログラミング科目の実践報告
3. 学会等名 情報処理学会 情報教育シンポジウムSSS2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山陽平, 掛下哲郎
2. 発表標題 プログラミング穴埋め問題における穴抜きの難易度と学生の解答過程のクラスタ分析
3. 学会等名 情報処理学会 情報教育シンポジウムSSS2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩崎誠, 掛下哲郎
2. 発表標題 CASガイドラインに基づく小学校プログラミング教材の提案: mBotロボットとアルゴリズム学習用ツールキットの活用
3. 学会等名 情報処理学会 情報教育シンポジウムSSS2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuro Kakeshita, Miyuki Murata
2. 発表標題 Utilizing Programming Education Support Tool pgtracer in an Actual Programming Course
3. 学会等名 6th International Conference on Learning Technologies and Learning Environment (LTLE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Miyuki Murata, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Understanding Level Analysis of Students using Programming Education Support Tool pgtracer
3. 学会等名 6th International Conference on Learning Technologies and Learning Environment (LTLE 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中山陽平, 掛下哲郎
2. 発表標題 プログラミング穴埋め問題における誤答と解答順序の分析
3. 学会等名 情報処理学会 九州支部 若手の会セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山 陽平, 掛下 哲郎
2. 発表標題 穴埋め問題における誤答の分類を用いたプログラミング教育の改善提案
3. 学会等名 情報処理学会 情報教育シンポジウムSSS2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎 誠, 掛下 哲郎
2. 発表標題 CASガイドラインに基づく中学校・高校段階でのプログラミング教材の提案
3. 学会等名 情報処理学会 情報教育シンポジウム SSS2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miyuki Murata, Naoko Kato, Youhei Nakayama, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Analysis of Fill-in-the-blank Questions Provided by Programming Education Support Tool pgtracer
3. 学会等名 2019 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mika Ohtsuki, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Utilizing Software Engineering Education Support System ALECSS at an Actual Software Development Experiment: A Case Study
3. 学会等名 the 11th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019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
研究 分担者	掛下 哲郎 (Kakeshita Tetsuro) (10214272)	佐賀大学・理工学部・准教授 (17201)	
研究 分担者	村田 美友紀 (Murata Miyuki) (50290838)	熊本高等専門学校・拠点化プロジェクト系情報セキュリティ グループ・准教授 (57403)	