

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03232

研究課題名(和文) ソフトウェアライフサイクル全体を対象とする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 for the entire software lifecycle

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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ソフトウェア開発工程全般をカバーし、各工程における成果物の関連の理解を深める教育環境を提供するため、研究代表者らが研究開発を進めてきた各工程での教育ツールを統合した学習環境を構築し、実際の授業で活用して学生の学習過程や学習成果に関するデータ収集および分析を行うことを目指した。このために、仮想空間での表示ツールを中心として各工程の成果物表示を進めた。また、統合的なデータ形式としてのグラフ形式を提案し、その変換機能や分析機能の実装を進め、演習の提出物に適用した。これらの各成果は国際学会を中心に発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代社会では様々なサービスが提供されているが、サービスの高度化・複雑化に伴い、ソフトウェアも高度化・複雑化しているため、高度なソフトウェア技術者の育成が不可欠である。本研究で実装した教育環境を用いることで、ソフトウェア開発技術の教育において、1)ソフトウェア開発工程における成果物の関連を可視化できる、2)上流工程および設計工程における成果物に対する点検を行える。3)ソフトウェア開発の各工程に対応するソフトウェアツールを統合できる、ようになる。

研究成果の概要(英文)：In this study, in order to provide an educational environment that covers the entire software development process and deepens the understanding of the relationship between the deliverables in each process, a learning environment that integrates the educational tools for each process that the principal investigators have been researching and developing was constructed, and data on the students' learning process and outcomes were collected and analyzed by using the tools in actual classes. The aim was to collect and analyze data on the learning process and learning outcomes of students by using these tools in actual classes. For this purpose, the display of the results of each process was developed with a focus on display tools in a virtual space. In addition, we proposed a graph format as an integrated data format, implemented its conversion and analysis functions, and applied them to the submissions for the exercises. These results were presented mainly at international conferences.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェア技術者教育 教育支援ツール ソフトウェアライフサイクル 可視化 仮想現実(VR)

1. 研究開始当初の背景

情報社会から Society 5.0 (超スマート社会) に移行しつつある現代において、様々なサービスの実現はコンピュータ・ソフトウェアに依存している。ソフトウェアの高度化・複雑化が進む中で、ソフトウェアの企画・開発・運用といったライフサイクルを担う高度なソフトウェア技術者の育成は社会的にも重要性が高い。

ソフトウェア開発工程は、企画、要求分析、プログラミング、テストといった様々な工程から構成されている。ソフトウェア技術者は、それぞれの工程における様々な知識や技能を学ぶ必要がある。こうした工程について、知識や技能の教育を支援する環境やツールに関する様々な研究が行われてきた。しかし、ソフトウェア開発工程全般をカバーする教育環境は知られていない。また、各工程における成果物の関連の理解を深める教育も不足している。

本研究では、このような現状を踏まえ、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、UML 図作図ツール、ソフトウェア開発技術者教育支援システム ALECSS 等を統合した学習環境を構築し、実際の授業で活用して学生の学習過程や学習成果に関するデータ収集および分析を行う。

(1) 本研究の学術的背景

現代社会では様々なサービスが提供されている。これらのサービスは既存サービスの拡張・統合や新規サービスの創出を通じて利用者の要求に応えているが、それを支えているのがソフトウェア技術である。サービスの高度化・複雑化に伴い、ソフトウェアも高度化・複雑化しているため、高度なソフトウェア技術者の育成が不可欠である。

複雑なソフトウェアを開発する際には、QCD (品質, コスト, 納期) を守るために複数の開発工程に分けて作業を行う。そのための国際規格として ISO/IEC 12207 (ソフトウェアライフサイクルプロセス) 等が定義されている。上流の開発工程としては企画や要件定義等がある。これに続き、基本設計、詳細設計、実装、レビュー、テスト等の中下流工程が行われる。これらの工程毎に成果物が作成され、それを支援するソフトウェアツールが提供されている。また、成果物の間には関連が定義されており、それを通じて全体的な整合性を確保する。この関連を十分に理解することが、ソフトウェア技術者にとって重要である。

利用者ニーズは、ハードウェアの性能向上や新たなサービスの提供と共に変化する。それに対応するため、最近のソフトウェア開発ではアジャイルプロセスを導入し、短いサイクルで開発工程を反復しながらソフトウェアを改善する手法が重要になっている。また最近では、DevOps (ソフトウェアの開発・改良と運用を並行して行う手法) を支援するために、様々なソフトウェアツールが提案されている。このうち、実装やテストを支援するツールには、様々な観点からプログラムを自動点検する機能が組み込まれている (例: JUnit, CheckStyle, FindBugs)。しかし、上流工程や設計工程の成果物を点検するツールは数少ない。

また、これらのソフトウェアツールの多くは独立に開発されているが、これらを組み合わせることで、効果的なソフトウェア技術者育成支援システムを構築できると期待される。

(2) 研究課題の核心をなす学術的「問い」

そこで、本研究課題においては以下のような学術的問いについて検討をおこなう。

1. ソフトウェア開発の各工程における成果物の間の関連を学習者に理解させることで、ソフ

トウェア技術者の育成にどのような影響があるか？

2. 上流工程（企画，要求分析，要件定義）および設計工程（基本設計，詳細設計）の成果物を点検する機能のうち，ソフトウェア技術者の育成に有用なものは何か？
3. 工程毎に提供されているソフトウェアツールを組み合わせることで，ソフトウェア技術者育成支援システムを構築することによる教育上の効果（定量的・定性的）はどのようなものか？

2．研究の目的

本研究では上述した学術的「問い」に対応して，以下の特徴を有するソフトウェア技術者育成支援システムを構築し，実際の授業を通じた評価および改善に取り組む．

1. ソフトウェア開発工程における成果物の関連を可視化できる．
2. 上流工程および設計工程における成果物に対する点検を行う．
3. ソフトウェア開発の各工程に対応するソフトウェアツールを統合する．

(1) 学術的独自性と創造性

従来研究では開発プロセスの各工程での知識・技術の教育について個別の支援・評価を行っているが，本研究では各工程の成果物間の連携を図り，開発プロセス全体を網羅するシステムを構築する点に特徴がある．個別の工程についての評価・支援環境についての既存研究は多く存在するが，各ツールを統合し，その成果物の相互関係や導出過程を分析・可視化できるものはない．また，開発工程における様々な成果物の関連を可視化する点や，上流工程および設計工程における成果物の点検を行う点にも独自性がある．

本システムを通じて構築したソフトウェア技術者育成支援システムを活用することで，教員や指導者の負担を軽減し，ソフトウェア技術者をより効率的に育成することが期待される．大学のソフトウェア工学教育において，様々な成果物の関連が理解できず，そのために個別のソフトウェアツールを効果的に使いこなせない学生や，系統的なソフトウェアプロセスに習熟できない学生は多く見られる．学生を指導する教員やTAが不足しているケースも多い．そうした状況にある学生や初級技術者を支援し，将来，多数のソフトウェア技術者を輩出する上でも，本システムの価値は大きい．

3．研究の方法

本研究では，以下に挙げる4つの課題に取り組むことでこれまでの成果を統合・発展させる．研究活動の中心は企画，要件定義，設計の各工程におく．

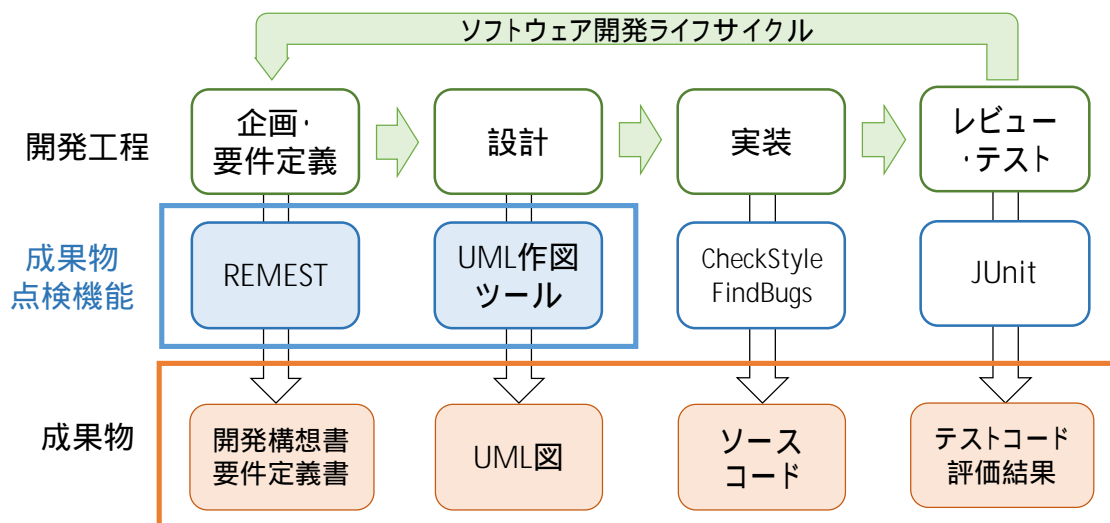
1. 各工程の成果物と，それらの間の関連をVR空間上で可視化し，学習者の理解を深めるシステムの開発（担当：掛下）
2. 上流工程および設計工程の成果物を点検する機能の開発（担当：大月，掛下）
3. 各種のソフトウェアツールの統合（担当：大月）
4. 実際の授業におけるシステムの活用および評価（担当：大月，村田）

このうち，1. では，企画書，仕様書，UML図（クラス図，シーケンス図），ソースコード，テストコード等の成果物をVR空間上で可視化し，それらの関連を表示するとともに，関連をたどって成果物間の対応関係の理解を促進するシステムを開発する．ソースコード等はファイル毎に処理することで，対応関係をより詳細に表示できる．また，多数の成果物を3次元のVR空間上に分かりやすく配置することで，学習者の理解を促進する．

また，2. では，これまでの授業経験に基づき，学生が頻繁に犯す誤りを抽出し，その中から

教育上役立つ誤りを特定する．パターンマッチングを用いて誤りを自動検出する機能や，レビュー支援機能を実現し，研究代表者らがこれまで開発してきた要求管理教育ツール REMEST および UML 図作図ツールに組み込む．

3. では，図 1 に示すように，ソフトウェア開発の各工程（企画，要求定義，設計，実装，レビュー，テスト）に対応するソフトウェアツールを統合したソフトウェア技術者育成支援システムを構築する．実際の授業においてシステムを活用することで，成果物と作業過程の統合管理，作業ログやアクセス状況などのデータ分析，および成果物の相互関係やデータ分析結果の可視化を行う．これを通じて，ソフトウェアライフサイクル全体をカバーしたソフトウェア技術者教育を支援する．



VRを活用した成果物と関連の可視化ツール

図 1 . ソフトウェア技術者育成支援システムの全体構成

4 . 研究成果

我々は上述したように，ソフトウェア開発工程全般をカバーする教育環境を構築するため，これまで我々の構築してきた各工程でのツールの統合を図ることを目的として研究をおこなってきた．

この統合教育環境のフロントエンドとして本研究で開発を進めている VR 空間での可視化ツール VRale-SCM について，2020 年度は実装工程での成果物であるソースコードとその解析木を可視化する機能を実現した．実装環境としては Unity を採用し，解析木の生成には JavaParser を用いた．この可視化ツールの設計と実装については，2020 年 9 月におこなわれた国際学会 LTLE2020(9th International Conference on Learning Technologies and Learning Environments)にて発表した．本研究は LTLE から高い評価を獲得し，内容を追加した論文の投稿を勧められたため，テストコードの可視化や，決定表を用いたソースコードとテストコードの対応付けについても実装して，2021 年 4 月の国際学会 CSEDU2021 (the 13th International Conference on Computer Supported Education) (査読付き)にて発表した．2021 年度はこれに加えて設計工程での成果物である UML クラス図を可視化して，ソースコードや解析木と関連付ける機能を実現した．この可視化ツールの設計と実装については卒業研究にてまとめられ，現在は査読付き国際学会 WCCE2022 (IFIP World Conference on Computers in Education)にて報告した．

さらに，設計工程で用いられる設計知識であるデザインパターンを VRale-SCM に組み込み，ソ

ソースコードとの間の関連付けるためのメカニズムを 2020 年度に設計した。デザインパターンの記述には以前の研究で提案したパターン記述言語 xPIML を採用し、XPath とソースコードの要素の対応付けは CSV ファイルに格納するものとした。これを更に拡張するにあたって、各種ソフトウェア成果物を統合的に扱えるデータ構造としてグラフ表現を採用した。グラフ表現を採用することで、ソフトウェア成果物同士の相互参照によるトレーサビリティの向上が期待できる。このソフトウェア成果物のグラフ化表現についての研究成果は、前述した国際学会 CSEDU2021 にて発表し、さらに具体例を 2022 年の IIAI-AAI (11th International Congress on Advanced Applied Informatics) にて報告した。

また、2021 年 11 月に新規にワークステーションを購入し、上述したグラフ構造で表現したソフトウェア成果物を統合管理する環境の構築をおこなってきた。COVID-19 の発生により授業実施環境として遠隔講義が必要となり、オンラインとオンデマンドのハイフレックスな授業の実施方法の改善をおこなった。オンラインで個人情報を扱うため、個人データ利用許諾管理機構の組み込みも検討することとなり、その関係の研究発表を情報掘学会の研究会や FIT にておこなった。オンライン教育の環境構築の研究発表については CSEDU2021 でおこなった。

最終年度の 2022 年には、成果物・作業過程の統合管理のための成果物の書式変換機能、変換結果を VR 空間表示する機能を実際の講義での提出物へ適応し、データ分析、可視化をおこなった。これらの成果については、2023 年度に報告予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Mika Ohtsuki, Tetsuro Kakeshita	4. 巻 Volume 2
2. 論文標題 Generating Relationship between Design Pattern and Source Code	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2021)	6. 最初と最後の頁 288-293
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5220/0010472502880293	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 Volume 2
2. 論文標題 Improved HyFlex Course Design Utilizing Live Online and On-demand Courses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2021)	6. 最初と最後の頁 104-113
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5220/0010470901040113	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, Kazuo Ishii, Yoshiharu Ishikawa, Hitoshi Matsubara, Yutaka Matsuo, Tsuyoshi Murata, Miyuki Nakano, Takako Nakatani, Haruhiko Okumura, Naoko Takahashi, Norimitsu Takahashi, Gyo Uchida, Eriko Uematsu, Satoshi Saeki and Hiroshi Kato	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of IPSJ Data Science Curriculum Standard	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc.Open Conference on Computers in Education (OCCE 2021 DTEL)	6. 最初と最後の頁 156-167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-97986-7_13	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 Tomoya Matsushita, Masateru Kishikawa, Tetsuro Kakeshita	4. 巻 1
2. 論文標題 Visualizing Class Diagram and Sequence Diagram of Java Program in VR Space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of IFIP World Conference on Computers in Education (WCCE 2022)	6. 最初と最後の頁 1
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 Mika Ohtsuki, Tetsuro Kakeshita	4. 巻 1
2. 論文標題 Graph Expression for Various Software Documents As Unified Format	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of 11th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)	6. 最初と最後の頁 188-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IIAIAAI55812.2022.00046	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7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 寺西 司, 掛下 哲郎
2. 発表標題 学校プログラミング教育のための個人データ利用許諾管理機構のプロトタイプ
3. 学会等名 情報処理学会 第159回情報システムと社会環境研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺西 司, 掛下 哲郎
2. 発表標題 個人情報管理システムを活用した情報銀行における利用許諾自動化の試み
3. 学会等名 FIT 情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masateru Kishikawa, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 A Visualization Tool for Relationship between Source Code and Parse Tree Using VR
3. 学会等名 9th International Conference on Learning Technologies and Learning Environments (LTLE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mika Ohstuki, Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Generating Relationship between Design Pattern and Source Code
3. 学会等名 the 13th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuro Kakeshita
2. 発表標題 Improved HyFlex Course Design Utilizing Live Online and On-demand Courses
3. 学会等名 the 13th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 掛下哲郎, 江島光代
2. 発表標題 小中学校の生徒と教員を対象とするオンライン・プログラミング講座
3. 学会等名 情報処理学会 情報教育シンポジウムSSS2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺西 司, 掛下 哲郎
2. 発表標題 小学校プログラミング教育現場における個人データ利用許諾管理システムの評価
3. 学会等名 第21回 情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究成果報告書（詳細版）
<https://www.cs.is.saga-u.ac.jp/~mika/research/kaken/20K03232/>

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 (Miyuki Murata) (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・教授 (57403)	

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
---------	---------