

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12089

研究課題名(和文) 貢献・成長を把握可能にするGitHubを核としたソフトウェア開発PBL環境の開発

研究課題名(英文) Development of a GitHub-based Software Development PBL Environment that Enables Visualization of Contribution and Growth

研究代表者

樫山 淳雄 (Hazeyama, Atsuo)

東京学芸大学・教育学部・教授

研究者番号：70313278

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)：ソフトウェア技術者の人材育成方法としてProject Based Learning (PBL)に基づく教育が行われている。そのプラットフォームとしてGitHubが用いられ成果物が蓄積されている。このデータを分析し、開発環境が学習者に成長を気づかせることは重要である。本研究は開発活動で作成した成果物から学習者に自己の成長を気づかせるPBL環境を開発する。iコンピテンシーディクショナリ(iCD)というタスクとスキルが関連づけられた辞書を活用し、開発成果物の文とタスクの定義文をSentence-BERTで類似度を求めタスクを抽出し、iCDのタスクからスキルを取得しそれを提示するシステムを試作した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ソフトウェア開発において開発者が作成する成果物から、その作成を通して獲得されるスキルを、開発環境が開発者に提示するというコンセプトは学術的に高い新規性を有している。このコンセプトを実現した試作システムはGitHub上で動作するため適用範囲は広く、社会的意義は大きいと考える。

研究成果の概要(英文)：Education based on Project Based Learning (PBL) is conducted as a method for training software engineers. GitHub is used as the platform for this, where the artifacts are stored. It is important to analyze these data and make the learning environment help learners realize their growth. This study aims to develop a PBL environment that makes learners aware of their growth through the artifacts created during development activities. By utilizing the iCompetency Dictionary (iCD), which associates tasks with skills, we prototype a system that uses Sentence-BERT to measure the similarity between the sentences of development artifacts and the task definitions in iCD, extracts the tasks, and presents the skills obtained from the iCD tasks.

研究分野：ソフトウェア工学教育

キーワード：ソフトウェア工学教育 貢献・成長 スキル GitHub iコンピテンシーディクショナリ Sentence-BERT

1. 研究開始当初の背景

Society5.0 に代表されるように、社会の情報化は大きく進展しつつあり、その社会を構築する情報技術者、特にソフトウェア開発技術者の不足が指摘されており、ソフトウェア技術者の育成は大きな社会的課題となっている。その解決策の1つとして、大学等の教育機関において実践的なソフトウェア開発教育として Project Based Learning (PBL)が行われている。複数人のメンバーから構成されるソフトウェア開発では、プログラム開発のみならず、文書管理やコミュニケーションを行うための開発環境が非常に重要である。近年、プログラムを含む文書の版管理やコミュニケーション支援機能を有する GitHub[1]がオープンソースソフトウェア開発といった協調的なソフトウェア開発のプラットフォームとして主流になっている。そのため、教育機関におけるソフトウェア開発においても GitHub を活用する意義は大きい。しかしながら、GitHub は教育用に開発された開発環境ではないため、教育において必要な機能が十分に提供されているわけではない[2]。GitHub 特有の機能に関するデータを活用しつつ、教育に必要なデータの収集とそのデータを加工、分析、関係者に提供する必要があるが、教育に必要な機能を GitHub 上に実装した研究は少ない。多くの学習者はチームでのソフトウェア開発を初めて行う。講義で説明されていたとしても実際に開発を行い、教員や TA からの様々なフィードバックにより気づき、学ぶことも多い。開発環境が学習者に貢献や成長を気づかせることは重要と考える。

2. 研究の目的

本研究課題では、次に述べる目的を達成する研究を行った。

- (1) PBL 形式でのソフトウェア開発演習にどのような教育効果があるのかを明らかにする
- (2) PBL 形式でのソフトウェア開発演習の受講者がいつ、何を契機に、どのようなスキルを獲得したと認識しているのかを明らかにする
- (3) 開発活動により作り出されたデータから学習者に対して自己の成長を気づかせることを可能にする GitHub を基盤とした PBL 環境を開発する

3. 研究の方法

前章で述べた3つの目的それぞれに対する研究の方法について述べる。

(1) PBL 形式でのソフトウェア開発演習にどのような教育効果があるのかを明らかにする

この目的を達成するために、系統的文献調査 (Systematic Literature Review: SLR)[3]という手法を用いて、文献調査を行った。SLR は(A)研究課題の設定、(B)検索対象データベースの選定、(C)検索式の設定、(D)検索の実行、(E)スクリーニング、(F)レビューの実施という手順が示されており、この手順に従ってレビューを実施した。

(2) PBL 形式でのソフトウェア開発演習の受講者がいつ、何を契機に、どのようなスキルを獲得したと認識しているのかを明らかにする

この目的を達成するために、(1)の研究で明らかになったスキルである技術スキル、ソフトスキル各 12 項目からなる質問紙を作成し、PBL 形式のソフトウェア開発演習の受講生に演習実施前、演習実施中(本演習はウォーターフォールモデルと呼ばれる開発プロセスに従っており、要求分析と設計が終了した時点で調査を実施した)、演習終了後に質問紙に回答してもらった。各項目の獲得状況を 10 段階で回答するとともに、そのスキルを獲得した契機について記述することを求めた。技術スキルに関する 12 項目は筆者が実施しているソフトウェア開発演習で作成を求められている成果物(機能仕様書、クラス図、開発計画書等)の作成スキルと開発環境(GitHub 等)の操作スキルとした。またソフトスキルは経済産業省が社会人基礎力[4]として提唱している 12 項目 (主体性、働きかけ力、実行力、課題発見力等)を用いることとした。

(3) 開発活動により作り出されたデータから学習者に対して自己の成長を気づかせることを可能にする GitHub を基盤とした PBL 環境を開発する

本研究が提案する PBL 環境を図 1 に示す。学習者は開発活動を行い、そこで作成する成果物やコミュニケーションデータを GitHub に蓄積する。ソフトウェア開発で行われるタスクとそのタスクを遂行することにより獲得されるスキルが関連づけられたディクショナリとして i Competency Dictionary (iCD)[5]がある。GitHub に蓄積されている成果物やコミュニケーションデータからソフトウェア開発のタスクが抽出でき、それと iCD のタスクを関連付けることができれば、iCD においてそのタスクに関連づいているスキルを抽出することができ、それを学習者に提示することが可能になる。

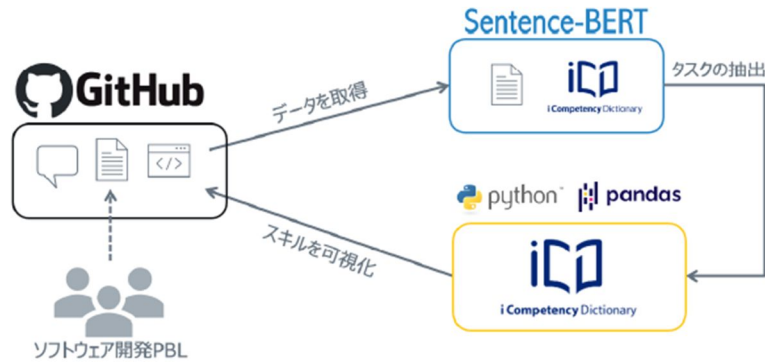


図1 GitHubに蓄積された成果物から自己の成長を気づかせるPBL環境

4. 研究成果

3つの研究目的に対する成果を述べる。

(1) PBL形式でのソフトウェア開発演習にどのような教育効果があるのかを明らかにする

SLR対象の文献として20件抽出した。教育効果として、大別して技術スキルとソフトスキルの2つのスキル獲得という効果があることが明らかになった。教育効果の測定方法として、アンケート、テスト、教員の主観、ビデオ撮影があり、約70%はアンケートであることが明らかになった。この成果は国際会議のポスターセッションに発表し[6]、最優秀ポスター賞を受賞した。

(2) PBL形式でのソフトウェア開発演習の受講者がいつ、何を契機に、どのようなスキルを獲得したと認識しているのかを明らかにする

調査の結果、次のことが明らかになった(図2)。

- 演習開始前は、総じて技術スキルよりもソフトスキルが高い値を示している
- 演習実施中の2回目の調査では、全項目で演習開始前の調査よりも値は向上している。総じて(項目7と8(開発がまだその段階に達していないので、その成果物作成を行っていない)を除き)技術スキルがソフトスキルよりも大幅な伸びを示していることが見て取れる
- 演習終了後の調査(灰色棒グラフ)では技術スキル、ソフトスキルともに、学習者は高いレベルでスキルを獲得できたと評価している。技術スキルの項目7,8が大幅な伸びを示している(7:コード作成スキル,8:テスト設計書作成スキル)。また項目9-11(計画書,進捗報告書,議事録作成スキル)の管理文書作成のスキルも上昇している。一方、ソフトスキルについては、演習実施中と同程度にとどまっていることが見て取れる

また、スキル獲得の契機として、例えば、画面設計の作成に関していうと、「他メンバーと画面設計をレビューし合った時」、「インスペクションの指摘」、「受け入れテストの段階。テスターの方から、UIでの指摘を受けて、客観的に見た画面に必要な要素を知るきっかけとなった」といった意見から、チーム内の話し合いやレビュー、教授者によるインスペクション等のフィードバックがスキル獲得に寄与していることが明らかになった。

本研究成果は学会の大会で口頭発表した[7]。

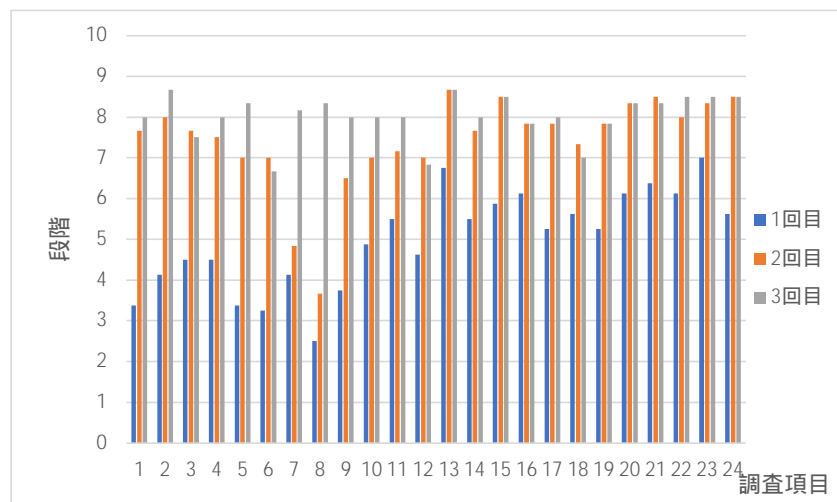


図2 PBL形式でのソフトウェア開発演習で受講生のスキル獲得状況

(3) 開発活動により作り出されたデータから学習者に対して自己の成長を気づかせることを

可能にする GitHub を基盤とした PBL 環境を開発する

図 1 の PBL 環境の試作を行った。iCD は CSV 形式で公開されており、それをデータベース化した。PBL で作成された要求仕様書を対象に、要求仕様書の各文と、iCD のタスクの定義文を Sentence-BERT[8]を用いて類似度計算を行った。この計算は Google Collaboratory[9]上で行った。その結果、iCD のタスク定義と高い類似度をもつ要求仕様書中の文章を抽出することができていることを確認した。そのタスクに関連付けられたスキル一覧を python の pandas ライブラリを用いて iCD から取得し、GitHub Discussion 上に提示できるようにした。

本研究成果は、査読付きシンポジウムに投稿し、査読の結果フルペーパーとして採録され、発表した[10]。

文献

- [1] GitHub, <https://github.co.jp/>
- [2] Joseph Feliciano, Margaret-Anne Storey, and Alexey Zagalsky, Student experiences using GitHub in software engineering courses: a case study, Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering Companion, pp. 422-431, 2016.
- [3] Barbara Kitchenham, O. Pearl Brereton, David Budgen, Mark Turner, John Bailey, and Stephen Linkman, Systematic literature reviews in software engineering - a systematic literature review, Information and software technology, 51(1), pp. 7-15, 2009.
- [4] 経済産業省, 「我が国産業における人材力強化に向けた研究会」(人材力研究会)報告書, 2018.
- [5] 情報処理推進機構, i コンピテンシーディクショナリ, <https://www.ipa.go.jp/archive/jinzai/skill-standard/icd/about.html>, 2014.
- [6] Hane Kondo and Atsuo Hazeyama, Systematic Literature Review on Educational Effectiveness of Project-Based Learning for Software Development, Proceedings of the 29th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2022), 2022.
- [7] 樫山淳雄, 近藤羽音, プロジェクト型ソフトウェア開発演習において学習者が獲得した技術スキル, ソフトスキルの調査, 情報処理学会第 86 回全国大会, pp. 1-135 ~ 1-136, 2024.
- [8] Reimers, Nils, and Iryna Gurevych. Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks, arXiv preprint arXiv:1908.10084, 2019.
- [9] Google Collaboratory, <https://colab.research.google.com/?hl=ja>
- [10] 近藤羽音, 橋浦弘明, 樫山淳雄, ソフトウェア開発 PBL における i コンピテンシーディクショナリと Sentence-BERT を用いた獲得スキル可視化支援システムの試作, 第 10 回実践的 IT 教育シンポジウム (rePiT2024), 10 pages, 日本ソフトウェア科学会, 2024.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takuro Minoya, Kiichi Furukawa and Atsuo Hazeyama	4. 巻 3330
2. 論文標題 Proposal of a User Interface Design Guideline based on Analysis of the Causes of Usability Defects reported in a project-based Software Engineering Course	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 6th Software Engineering Education Workshop (SEED 2022)	6. 最初と最後の頁 42-47
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 Hane Kondo and Atsuo Hazeyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Systematic Literature Review on Educational Effectiveness of Project-Based Learning for Software Development	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 29th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC2022)	6. 最初と最後の頁 584-585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APSEC57359.2022.00092	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 Koyo Tanabata, Atsuo Hazeyama*, Yuki Yamada, Kiichi Furukawa	4. 巻 192
2. 論文標題 Proposal of an Evaluation Method of Individual Contributions using the Function Point in the Implementation Phase in Project-Based Learning of Software Development	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1524-1531
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 七夕 昂陽, 山田 侑樹, 古川 貴一, 櫛山 淳雄	4. 巻 -
2. 論文標題 ソフトウェア開発PBLにおける実装工程でのファンクションポイントを用いた個人貢献評価手法の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第7回 実践的IT教育シンポジウム (rePiT 2021)	6. 最初と最後の頁 1-6
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 古川 貴一, 山田 侑樹, 櫛山 淳雄	4. 巻 -
2. 論文標題 COVID-19パンデミック下でのオンライン遠隔ソフトウェア開発PBLの実践報告	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第7回 実践的IT教育シンポジウム (rePiT 2021)	6. 最初と最後の頁 23-30
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 近藤羽音, 橋浦弘明, 櫛山淳雄	4. 巻 -
2. 論文標題 ソフトウェア開発PBLにおけるiコンピテンシディクショナリとSentence-BERTを用いた獲得スキル可視化支援システムの試作	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 第10回実践的IT教育シンポジウム (rePiT2024)	6. 最初と最後の頁 1-10
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 -

[学会発表] 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 近藤羽音, 浅野耀介, 櫛山淳雄
2. 発表標題 ソフトウェア開発PBLにおけるiCDを用いた獲得スキル可視化 支援システムの提案
3. 学会等名 2023年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井出岳人, 浅野耀介, 古川貴一, 山田侑樹, 櫛山淳雄
2. 発表標題 ソフトウェア開発PBLにおけるマージコンフリクト調査支援システムの開発
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第38 回大会 (2021 年度) 講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅野 耀介, 古川貴一, 山田 侑樹, 樫山 淳雄
2. 発表標題 REreview: ソフトウェア開発PBLにおけるコードレビューア学習支援システム
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樫山 淳雄, 近藤 羽音
2. 発表標題 プロジェクト型ソフトウェア開発演習において学習者が獲得した技術スキル, ソフトスキルの調査
3. 学会等名 情報処理学会第86回全国大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, John R. Littlewood, Marius M. Balas, Editors	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 322
3. 書名 Smart and Sustainable Technology for Resilient Cities and Communities	

〔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	橋浦 弘明 (Hashiura Hiroaki) (20597083)	日本工業大学・先進工学部・准教授 (32407)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	近藤 羽音 (Kondo Hane)		
研究協力者	佐藤 央 (Sato Oh)		
研究協力者	浅野 耀介 (Asano Yousuke)		
研究協力者	古川 貴一 (Furukawa Kiichi)		
研究協力者	山田 侑樹 (Yamada Yuki)		
研究協力者	美濃谷 拓郎 (Minoya Takuro)		
研究協力者	七夕 昂陽 (Tanabata Koyo)		
研究協力者	井出 岳人 (Ide Taketo)		

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