

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11579

研究課題名(和文)ビッグデータを用いたソフトウェア開発プロセス分析基盤の研究

研究課題名(英文)Analytics Infrastructure for Software Development Process Utilizing Big Data

研究代表者

橋浦 弘明(HASHIURA, Hiroaki)

日本工業大学・先進工学部・准教授

研究者番号：20597083

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)：ソフトウェア開発において、モデリングとプログラミングは性質が異なる作業ではあるが、どちらもソフトウェア開発において欠かせない作業である。実際にソフトウェアを開発する際には、これらの整合性と取りながら作業できるかがソフトウェア開発の鍵である。本研究はモデリングとプログラミングに関する細粒度履歴収集分析基盤AISEE(Analytics Infrastructure for Software Engineering Education)を開発することにより、これらの齟齬がどのような場所に発生しやすいかや、モデリングとプログラミングの過程を観察することを可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はモデリングとプログラミングというソフトウェアの異なる2つの工程に着目し、これらの工程を統一された環境で観察することを可能にすることによって、これまで工程別に捉えられることが多かったソフトウェア開発の成果物について、工程間での一貫性という観点で定量的に評価できるようになった。これによりモデリングとプログラミングの齟齬はどのようなところに発生しやすいのかの一端を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：In software development, modeling and programming are different in nature, however both are essential tasks in software development. In actual software development, the key to software development is to be able to work while maintaining the consistency of these two tasks. In this study, we developed an analytics infrastructure for software engineering education (AISEE) to collect and analyze fine-grained histories of modeling and programming. It allows us to observe the modeling and programming process. We also clarified where these inconsistencies occur.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：モデリング UML プログラミング トレーサビリティ 細粒度履歴

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

実用的なソフトウェア開発するためには、プログラミングを行なう前にプログラムやデータの構造を決定する作業（モデリング）を行なう必要がある。プログラミングとモデリングは密接に関係しているが、これら2つの作業は全く性質が異なるものである。

プログラミングで作成される成果物は実際に動作させることができるプログラムである。このため、学習者がプログラミングの学習を行なう場合には、与えられた課題に対してプログラムを作成し、実際に実行して差異を認識し、それを修正することを繰り返してその理解を深めていく[1]。

モデリングでは必要事項（要求項目）を満足するような構造やアルゴリズムを導くことが求められるため、学習者は複数の正解があることを前提に、複数の解の候補を作成し、そのなかから最適なものを選択する必要がある。しかしながら、このモデリングで作成される成果物はモデル（構造やアルゴリズムなど）であり、実際に実行して成果物の動作を確認することができない。このため、実際にモデリングに苦勞している学習者も多い[2]。

その一方で、同様の学習環境にありながら、少数ではあるが良いモデリングを行なうことができる学習者も存在している。

2. 研究の目的

ソフトウェア開発において、モデリングとプログラミングは前述のように性質が異なる作業ではあるが、どちらもソフトウェア開発において欠かせない作業である。実際にソフトウェアを開発する際には、これらの整合性と取りながら作業できるかがソフトウェア開発のキーとなる。

そこで、本研究では以下の2つ着目し、これらを明らかにすることを目的とする。

- (1) 良いモデリングをする学習者は、一般的な学習者と比較した場合にその作成過程から見てどのように異なるのか
- (2) モデリングとプログラミングの齟齬はどのようなところに発生しやすいのか

これらを明らかにすることができれば、これまで指導者の感性に頼りがちだったソフトウェアモデリングのプロセスを定量的に評価でき、複数の設計手法の良し悪しを定量的に評価したり、初学者への効果的なモデリング教育の方法を明らかにすることができる。

3. 研究の方法

前述のモデリングやプログラミングの作業の内容を細粒度に記録し、一体的に扱うことを可能とする環境を構築する。本研究で開発する細粒度履歴収集分析基盤は AISEE: Analytics Infrastructure for Software Engineering Education と呼ぶ。

AISEE は以下に述べる2つの構成要素からなるシステムであり、まずその構築を行う。

- (1) AISEE のモデリングツール部はウェブブラウザのみで動作し、他に追加のソフトウェアの導入が必要ないようなアーキテクチャとする。研究の目的を達成するために、モデリングツール部はサーバ上に履歴を収集、蓄積するための機能を備える必要がある。また、必要に応じてモデリングの悪所等を学習者にフィードバックする機能を備える必要もある。本研究では Google Web Toolkit (GWT) [3] を用いたウェブアプリケーションとして実現させる。
- (2) AISEE のプログラミングツール部はソフトウェア統合開発環境 (IDE) と連動し、細粒度なプログラミング開発履歴の取得を行い、必要に応じて学習者に悪所のフィードバックを提供する。本研究では Eclipse [4] のプラグインとして実現させる。

学習者に作成された環境を用いてソフトウェアの開発（図1）を行わせ、モデリングやプログラミング、そしてその間の整合性について、どのような過程を用いればよりよいものが作成可能になるのか、ソフトウェア工学の観点から明らかにする。

4. 研究成果

モデリングの過程の善し悪しを視覚的に学習者にフィードバックするため環境を構築 [5] した。これは予めモデリング結果に対して模範解答を用意し、これと学習者の成果物の類似している度合いを定義することで、学

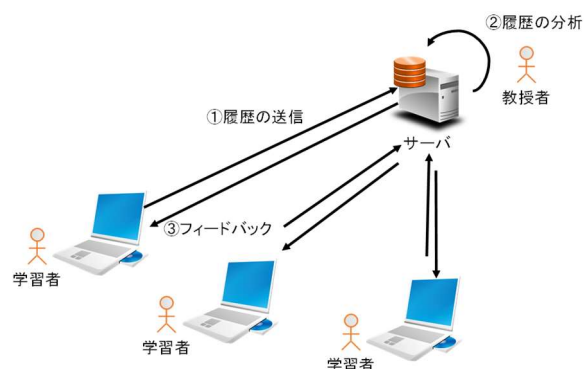


図1 実験環境の概要

習者の成果物を定量的に評価することを可能とするものである。類似度の算出には適合率 (Precision) と再現率 (Recall)、それらの調和平均 (F-measure) を用いて算出することとした。学習者への評価結果の提示は図 2 に示すグラフによって行う。これにより、モデリング結果とその過程に対して定量的な評価が可能になった。さらに、新たなモデリング結果の評価手法として軽量設計文書インスペクションプロセスの開発を行った [6]。

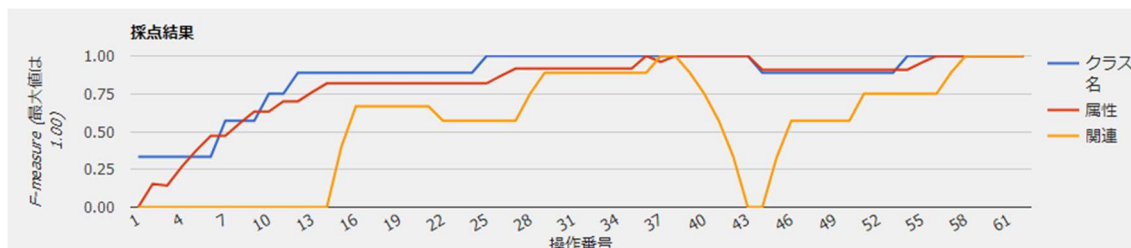


図 2 評価結果可視化の例

プログラミングを細粒度に記録し、フィードバックするツールの開発 [7] を行い、図 3 に示すようにプログラム履歴の可視化とフィードバックが可能になった。

さらに、プログラムの作成の善し悪しを評価する手法として、トレース表を用いたプログラミング指導対象者発見手法の提案 [8] を行った。

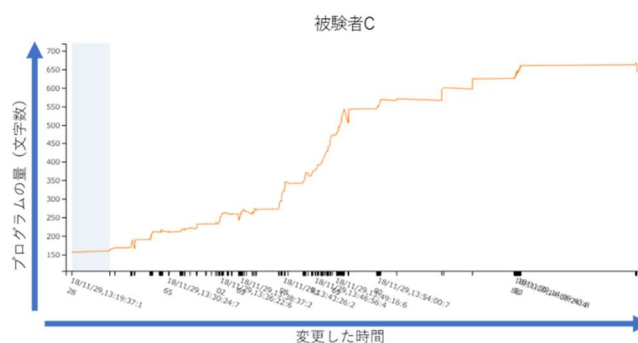


図 3 プログラム履歴可視化の例

AISEE のモデリングツール部とプログラミングツール部を統合し、モデリングの結果とプログラミングの結果の整合性を検査し、学習者に問題点をフィードバックする環境を開発 [9] した。

これにより、図 4 に示すとおり、モデリングとプログラミングというソフトウェア開発における異なる工程の 2 つの成果物について評価を行うことが可能になった。

実験により開発したツールがモデリングとプログラミング結果の齟齬を減らすことができることや、モデリング要素のうちフィールドや関連の要素に対して過不足が発生しやすいことを明らかにした [10]。

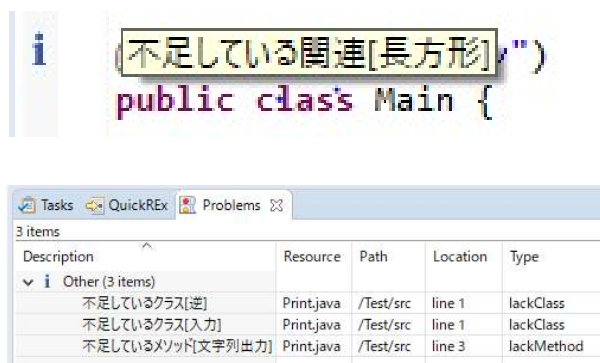


図 4 モデリング結果とプログラミング結果比較の例

<引用文献>

- [1] 古宮誠一, 今泉俊幸, 橋浦弘明, 松浦佐江子, "プログラミング学習支援環境 AZUR," 情処研報, Vol.2013-SE-183, No. 5, 2014.
- [2] Takafumi Tanaka, Kazuki Mori, Hiroaki Hashiura, Atsuo Hazeyama, Seichi Komiya, "Proposals of a Method Detecting Learners' Difficult Points in Object Modeling Exercises and a Tool to Support the Method," Proc. of 12th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (ACIS SERA 2014), pp. 650-655, 2014.
- [3] Google LLC, "GWT," <<http://www.gwtproject.org/>> (2021/05/31 閲覧).
- [4] Eclipse Foundation, "Eclipse," <<https://www.eclipse.org/>> (2021/05/31 閲覧).
- [5] Yuta Ichinohe, Hiroaki Hashiura, Takafumi Tanaka, Atsuo Hazeyama, Hiroshi Takase, "Effectiveness of Automated Grading Tool Utilizing Similarity for Conceptual Modeling," Proc. of the 12th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE2018), ppp.117-126, Aug. 2018.
- [6] 宮下 弓槻, 山田 侑樹, 橋浦 弘明, 樫山 淳雄, "小規模ソフトウェア開発 PBL における GitHub を用いた 軽量設計文書インスペクションプロセスの提案とその実践・評価," コン

- ピュータソフトウェア, 38(1), pp.3-17, 2021年1月.
- [7] 高山源貴, 橋浦弘明, 田中昂文, 櫛山淳雄, 高瀬浩史, "プログラミング過程の可視化ツールによる学習者の傾向分析," 信学技報, vol. 118, no. 463, KBSE2018-56, pp. 13-18, 2019年3月.
 - [8] 尾崎弘幸, 橋浦弘明, 田中昂文, 櫛山淳雄, "トレース表を用いたプログラミング指導対象者発見手法の提案," 信学技報, Vol. 120, No. 170, KBSE2020-2, pp. 7-12, 2020年9月.
 - [9] Yusuke Yoshida, Hiroaki Hashiura, Takafumi Tanaka, Atsuo Hazeyama, Hiroshi Takase, "A Proposed Method for Recovering Traceability Links between Documents and Codes Written in Different Languages," Proc. of the 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2020), pp.523-526. 2020年2月.
 - [10] 吉田 優介, 橋浦 弘明, 田中 昂文, 櫛山 淳雄, 高瀬 浩史, "Annotation を利用したUMLとソースコード間のトレーサビリティリンク作成手法の提案," 情報処理学会研究報告ソフトウェア工学 (SE) , 2021-SE-207(6), pp.1-7, 2021年3月.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8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 4件）

1. 著者名 Yutsuki Miyashita, Yuki Yamada, Hiroaki Hashiura, Atsuo Hazeyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Design of the Inspection Process Using the GitHub Flow in Project Based Learning for Software Engineering and Its Practice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 -
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 無
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 宮下 弓槻、山田 侑樹、橋浦 弘明、櫛山 淳雄	4. 巻 38
2. 論文標題 小規模ソフトウェア開発PBLにおけるGitHubを用いた軽量設計文書インスペクションプロセスの提案とその実践・評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンピュータ ソフトウェア	6. 最初と最後の頁 1_3~1_17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11309/jssst.38.1_3	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 橋浦 弘明	4. 巻 49
2. 論文標題 ソフトウェア開発過程の収集分析基盤AISEEの概要	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本工業大学研究報告	6. 最初と最後の頁 44-45
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 無
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 Yusuke Yoshida, Hiroaki Hashiura, Takafumi Tanaka, Atsuo Hazeyama, Hiroshi Takase	4. 巻 1
2. 論文標題 A Proposed Method for Recovering Traceability Links between Documents and Codes Written in Different Languages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of the 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2020)	6. 最初と最後の頁 523-526
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 Ken Akagi, Hiroaki Hashiura, Takafumi Tanaka, Atsuo Hazeyama, Hiroshi Takase	4. 巻 1
2. 論文標題 Supporting Tool to Apply Software Frameworks in Software Design	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of the 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2020)	6. 最初と最後の頁 469-472
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 宮下弓槻, 山田侑樹, 橋浦弘明, 樫山淳雄	4. 巻 1
2. 論文標題 ソフトウェア開発PBLにおけるGitHub flowを用いたインスペクションプロセスの設計とその実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第6回 実践的IT教育シンポジウム rePiT2020 in 秋葉原	6. 最初と最後の頁 online
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 Ichinohe Yuta, Hashiura Hiroaki, Tanaka Takafumi, Hazeyama Atsuo, Takase Hiroshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Effectiveness of Automated Grading Tool Utilizing Similarity for Conceptual Modeling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of the Proc. of the 12th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE 2018)	6. 最初と最後の頁 117-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-97679-2_12	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 Tanaka Takafumi, Hashiura Hiroaki, Mouri Kousuke, Hazeyama Atsuo, Kaneko Keiichi	4. 巻 1
2. 論文標題 An Automated Evaluation Method of Conceptual Data Models Considering Similarities of Attribute Sets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of the 7th ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC2018)	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICT-ISPC.2018.8523988	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16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 尾崎弘幸, 橋浦弘明, 田中昂文, 櫛山淳雄
2. 発表標題 トレース表を用いたプログラミング指導対象者発見手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 優介, 橋浦 弘明, 田中 昂文, 櫛山 淳雄, 高瀬 浩史
2. 発表標題 Annotation を利用したUML とソースコード間のトレーサビリティリンク作成手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋黎, 吉成知晃, 櫛山淳雄, 橋浦弘明
2. 発表標題 ブラウザの開発者ツールを用いたオンラインレビューツールの実装
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯山 隆章, 山崎貴弘, 橋浦 弘明
2. 発表標題 パターンの役割違反に着目したコード品質改善手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡嶋 隆人, 竹田 浩紀, 田中 昂文, 樫山 淳雄, 橋浦弘明
2. 発表標題 画像認識とDOM を使用した Web Visual Testing の定量化手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 優介, 橋浦 弘明, 田中 昂文, 樫山 淳雄, 高瀬 浩史
2. 発表標題 UMLとソースコード間の異なる要素名のトレーサビリティリンク作成手法の提案
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 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 萌那, 宮下 弓槻, 樫山 淳雄, 橋浦 弘明
2. 発表標題 ソフトウェア開発PBL におけるタスク依存関係の理解を支援する GitHub を用いた学習支援システムの提案
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 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川 貴一, 樫山 淳雄, 橋浦 弘明, 鷺崎 弘宜
2. 発表標題 ウォーターフォール型ソフトウェア開発PBLにおけるビルドエラーの調査方法の提案
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 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮下弓槻, 樫山淳雄, 橋浦弘明
2. 発表標題 GitHubを用いたソフトウェア開発PBLにおける学習者同士の貢献可視化システムの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会 知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津村隆弥, 橋浦弘明, 樫山淳雄, 高瀬浩史
2. 発表標題 コンテナ仮想化環境を活用したインフラ構築演習環境の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田優介, 橋浦弘明, 田中昂文, 樫山淳雄, 高瀬浩史
2. 発表標題 UMLとIDEを利用したモデルとコード間のトレーサビリティ構築支援システムの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山源貴, 橋浦弘明, 田中昂文, 樫山淳雄, 高瀬浩史
2. 発表標題 プログラミング過程の可視化ツールによる学習者の傾向分析
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一戸祐汰, 橋浦弘明, 田中昂文, 櫛山淳雄, 高瀬浩史
2. 発表標題 概念モデル設計におけるモデル編集履歴とモデル自動評価ツールの効果の分析
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤木謙, 橋浦弘明, 田中昂文, 櫛山淳雄, 高瀬浩史
2. 発表標題 概念モデリングにおけるソフトウェアパターンの再利用を支援するツールの初期評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutsuki Miyashita, Atsuo Hazeyama, Hiroaki Hashiura, Masayuki Goto, Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 A Visualization System of the Contribution of Learners in Software Development PBL using GitHub
3. 学会等名 25th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高山源貴, 橋浦弘明, 田中昂文, 櫛山淳雄, 高瀬浩史
2. 発表標題 ウェブ上での細粒度履歴を用いたプログラミング過程の再現ツール
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2018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	樫山 淳雄 (HAZEYAMA Atsuo) (70313278)	東京学芸大学・教育学部・教授 (12604)	

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