

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350204

研究課題名(和文) PDCAサイクルの学習を支援する初心者向け統合プログラミング環境の開発と評価

研究課題名(英文) Development and evaluation of integrated programming environment for beginners learning PDCA cycle

研究代表者

鈴木 裕利 (SUZUKI, Yuri)

中部大学・工学部・准教授

研究者番号：20340200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、創造性教育の実践におけるプログラミング支援環境の質的向上を目的として実施された。具体的な成果としては、これまでの教育実践に関する調査・分析に基づいて実践した以下の5点である。

(1)授業デザインの改善 (2)新たなモデリングツールの開発・授業への導入 (3)プログラミング支援環境の実装 (4)授業サポート支援ツールの開発・授業への導入 (5) (1)～(4)の実践に関する評価・分析  
これらの実践から得られた具体的成果、関連する知見に関しては、24件の論文、18件の研究発表によって報告された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is the development of programming support environment for creativity education.

To be more precise, the study engaged in (1) class design improvement, (2) development of modeling tools and their introduction into classrooms, (3) development of programming support environment, (4) development of class support tools and their introduction into classrooms, and (5) evaluation of these efforts.

The results of the study have been published in 24 journal articles, 18 conference papers.

研究分野：情報システム学，ソフトウェア工学，工学教育，認知科学

キーワード：プログラミング教育 PDCA 創造性 学習支援システム

1. 研究開始当初の背景

現在、大学の工学教育では「構想したものを図、文章、式、プログラム等で表現する能力」、「継続的に計画し実施する能力」、「チームワーク力」など、将来エンジニアとして重要な創造的な態度やスキルの育成が求められている。このような社会的な要請に対し、申請者はこれまでロボットプログラミングや携帯アプリケーション開発を題材として、横断的カリキュラムによる複数の工学教育科目を対象に創造性教育の実践研究に取り組んできた。その結果、学習者は授業での体験を通して創造性に関する多角的な態度・スキルを学習したことが確認されている[1]。

2. 研究の目的

我々は研究の次のステップとして、それら創造性教育における学習効果をさらに高めるために、プログラミングに関する学習支援に着目した。前述の実践を含め、これまでのプログラミング教育では従来からあるエディタなどを用いた実践が大半である。また、プログラミング支援システムを用いた実践も報告されているが、モデリングの支援[2]あるいはコーディングの支援[3]など、機能が限定されたものが多く、ソフトウェア開発工程を統合的に学習することができるような新しい学習支援環境の開発が必要といえる。

そこで、本研究では初心者を対象とした、ソフトウェア開発におけるPDCAサイクルの学習を支援するための統合プログラミング環境(図1)を実現することを目的とした。

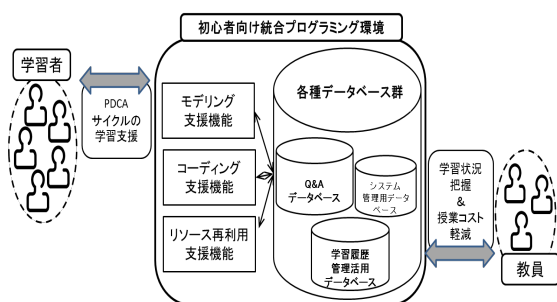


図1 提案する初心者向け統合プログラミング環境のイメージ

<引用文献>

[1]N. Ishii, Y. Suzuki, H. Fujiyoshi, T. Fujii, Fostering UML Modeling Skills and Social Skills through Programming Education, Proceedings of the 23rd Annual IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training, 25-32 (2010)  
 [2]新開純子, 宮地功, プログラミング学習支援システムを用いた入門教育の実践, 日本教育工学会論文誌, Vol. 33(Suppl.), 5-8 (2009)

[3]江木鶴子, 竹内章, プログラミング初心者にトレースを指導するデバッグ支援システムの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol. 32(4), 369-381 (2009)

3. 研究の方法

本研究は以下の4つのフェーズで段階的に研究を遂行した。

(1)分析フェーズ: ソフトウェア開発の熟達者が持つノウハウの収集を目的としたプロトコル実験の実施とプログラミング初心者のためのQ&Aデータベースの作成。

(2)開発フェーズ: 分析フェーズの成果に基づいた、初心者のための統合プログラミング環境を実現するための支援システムの開発。

(3)実践フェーズ: これまでに取り組んできた創造性教育科目へのシステムの導入と学習者のログ分析を通じたシステムの有効性の評価。

(4)改善フェーズ: 実践フェーズの評価結果に基づいたシステムの改善とその評価。

4. 研究成果

(1)平成26年度は、分析フェーズとして、分析のためのデータ収集を実施した。

第一に、ソフトウェア開発の熟達者6名に対して、アイデアをモデル化する方法、デバッグ等における問題点の改善方法等について、インタビューを行った。この熟達者から得られた情報を整理して、構築する統合プログラミング環境の機能設計に反映させた。

第二に、ソフトウェア開発の初心者に関するデータ収集を実施した。具体的には、中部大学1年生が前期に受講する「創成A」、および、後期に受講する「創成B」の演習型授業の受講者を対象とした。被験者となる学生は、「創成A」を半年間受講後、ほぼ全員が「創成B」を続けて半年間受講しており、その数は約120名である。調査は、PAD課題を用いて、「与えられた課題を学生がどのようにPADへ展開して行くのか」、「正解に至る学生と正解が導けない学生の違いは何か」等の問題解決プロセスを把握することを主な目的として行った。「創成A」、「創成B」の両方の授業において、ほぼ同様の課題を課すことにより、学生個々の時系列によるプロセスの変化についても分析を実施した。以上の調査から、正解に至らない学生について、「どのような間違いをするのか」、「その間違いをする要因が何か」について、一定の傾向が確認された。この分析結果は、平成27年度の授業方法の改善へ反映させ、開発するシステムの機能設計の参考とする予定である。上述した分析フェーズと並行して予定していた開発フェーズについては、開発環境、開発機器の選定の検討を行って、現状で適切と考えられる開発マシンを購入した。

(2)平成 27 年度は、分析フェーズ、開発フェーズ、実践フェーズについて進めた。

分析フェーズについては、モデリングツールとして PAD の導入に関する効果 授業デザインと PDCA サイクル学習との関係

授業デザインと社会的スキル学習との関係、の 3 点について、データを収集して、分析、評価を行った。については、PAD の理解度とプログラミングの理解度に具体的な関連が確認された。また、PAD 課題について、不正解の内容についての詳細な分析から指導の際の方向性が確認され、さらに、今後のツールの開発のための有用な知見が得られた。については、前年度の分析結果から、現状の授業デザインが、プログラミングのメタ段階として重要であるモデリングの理解のために適したデザインでないことが確認された。そこで、平成 27 年度の対象授業では、新たな授業デザインを取り入れて実践した。そして、学習者によるアンケートデータをマイニングした結果からその効果が確認された。については、社会的スキルの学習行動への影響に関するそれまでの分析は、実践結果からの分析、評価であった。平成 27 年度の対象授業では、本研究の知見を反映させた授業デザインに変更した。具体的には、2 名一組で行う学習に関して、これまでの知見に基づいて 2 名の組み合わせを決定した。そして、この新たな組み合わせによる社会的スキル、および、学習行動へ影響について分析した。開発フェーズについては、プログラミング支援環境のベースとなる、システム管理用データベース、および、学習履歴管理活用データベースの実装を行って、テストデータによる試行を進めた。実践フェーズについては、一部前述したように、目標とするプログラミング支援環境に適した授業デザインを開発して実践を行った。

(3)平成 28 年度は、開発フェーズ、実践フェーズを中心に進めた。

前年度の分析結果から、モデリングツールとして PAD の導入効果が確認されたので、PAD 作成支援ツールの開発を進めた。そして、秋学期に実施した授業の実践において、この開発したツールの導入効果の評価が行われた。ツールを導入した学習者の PAD 課題の解答の分析結果からは、ツール導入前に存在した単純な記述ミスによる不正解は、ツールの導入によって明らかに減少して、ツール導入の効果は確認された。一方、ツールに関しての学習者によるアンケート評価では、特に操作性に関する回答において高い評価を得ることができなかった。これは、一部プログラムの不具合が評価結果に影響したためと確認された。

また本研究では、現在手作業で行っている PAD 課題の解答に対する評価について、この開発ツールの「評価機能」として、追加実装する予定である。この機能に必要と

なる評価基準について、平成 27 年度、28 年度の手作業における評価基準を基に、ツールに実装する基準の提案を進めた。さらに、プログラミング支援環境のベースとなる、システム管理用データベース、および、学習履歴管理用データベースについて、実際の導入環境(oracleDBMS)による実装を進めた。

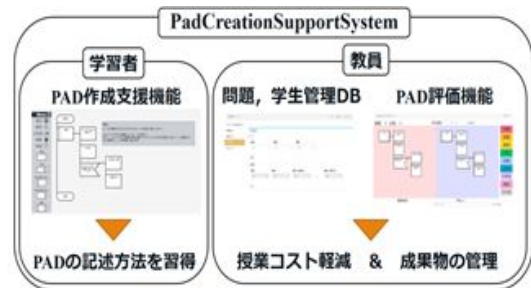


図 2 PAD 作成支援ツールの画面例

(4)平成 29 年度では、前年度までに本提案の統合プログラミング環境を導入した授業デザインに関しての効果は確認されたので、引き続き実践を進めた。一方、PAD 作成支援ツールの導入について、ツールの一部不具合により十分な導入効果が確認されず改善の必要があった。また、環境の機能の一部のシステム化が不十分であった。

上述の問題点に対して、修正した PAD 作成支援ツールの導入による実践を評価した(図 2)。紙媒体を対象とした解答データと PAD 作成支援機能で作成された解答データの比較結果から、正解の学生が増加し、要素の間違いが減少していることが確認された。よって、本ツールを導入した結果、従来の教育方法よりも PAD の記述方法を習得することが容易になったことが確認された。さらに、本研究で提案したペアプログラミングにおけるペアの組み合わせについて分析を行い、講義の理解度を上げる(競技得点高得点者を増加させる)アプローチとして、プログラミングスキルの差の小さいペアを多く組ませるべき、プログラミングスキルの差が大きいペアの組み合わせはさけるべきである、との 2 点を確認された。また、新たな機能のシステム化として、手作業で行われていた学習者の作成した PAD 課題の評価の自動化、Q&A データベースシステムの構築、協同学習において学習効果の高いペアを自動決定する「授業サポートツール：ペアプロ!」を開発した。以上、開発フェーズ、分析フェーズ、実践フェーズ、改善フェーズの各取り組みが効果的に連携して進み、統合プログラミング環境としての成果が得られたといえる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕（計 24 件）

澤野弘明、鈴木裕利、石井成郎、土屋健、小柳恵一、地域学習支援アプリ「しのスタ」を利用した実体験型教育方法の提案、日本メディア教育学会、教育メディア研究、査読有、Vol23、2017、25-34  
DOI: 10.1587/transfun.E100.A.2230

板井陽俊、船瀬新王、Andrzej Cichocki、安川博、Reference Signal Based Tensor Product Expansion for EOG-Related Artifact Separation in EEG、IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences、査読有、E100-A- 11、2017、2230-2237  
DOI: 10.1587/transfun.E100.A.2230

赤津舞子、澤野弘明、鈴木裕利、石井成郎、土屋健、小柳恵一、AKaTool: An Association Chart Production Tool for Nursing Education、Proceedings of the 11th Int'l Conf. on Computer Science & Education (ICCSE2016)、IEEE、査読有、ICCSE2016、2016、1-6  
DOI: 10.1109/ICCSE.2016.7581589

小木曾貴也、山内康一郎、石井成郎、鈴木裕利、Co-learning system for humans and machines using a weighted majority-based method、International Journal of Hybrid Intelligent Systems、査読有、Vol13、2016、63-76  
DOI: 10.3233/HIS-160225

原裕太、板井陽俊、低次の誤差関数を用いた外積展開による背景雑音推定、電気学会論文誌 C、査読有、136-12、2016、1691-1692  
DOI: 10.1541/ieejieiss.136.1691

加藤秀一、山内康一郎、Quick MPPT microconverter using a limited general regression neural network with adaptive forgetting、Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA)、査読有、2016、42-48

西尾大輔、山内康一郎、Multithreading Incremental Learning Scheme for Embedded System to Realize a High-Throughput、Neural Information Processing 23rd International Conference、査読有、2016、204-213

赤津舞子、澤野弘明、鈴木裕利、石井成郎、土屋健、小柳恵一、AKaTool (Associate Kango Tool) : 看護教育のための関連図作成ツールの提案と評価、教育システム情報学会誌、査読有、33-1、2015、31-42  
DOI: 10.14926/jsise.33.31

小西拓也、澤野弘明、坂本将暢、中條直也、鈴木裕利、土屋健、小柳恵一、画像処理技術を用いた模擬授業の振り

返り支援システムの提案、電気学会論文誌 C、査読有、135-12、2015、1509-1516  
DOI: 10.1541/ieejieiss.135.1509

小木曾貴也、山内康一郎、石井成郎、鈴木裕利、A Co-learning system for human and machines、Proceedings of the 2015 Seventh International Conference of Soft, Computing and Pattern Recognition、査読有、Vol1、2015、363-368  
DOI: 10.3233/HIS-160225

鈴木裕利、伊藤誠、石井成郎、原崇、A New Approach to Web Mining: A Search Engine Offering Result of No Assumption、Information Engineering Express International Institute of Applied Informatics 2015、査読有、Vol1-2、2015、51-59

加藤晶久、山内康一郎、Incremental Learning on a budget and a quick calculation method using a tree-search algorithm、Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks 2015、査読有、2015  
DOI: 10.1109/IJCNN.2015.7280805

上田翔矢、板井陽俊、The Analysis of SSVEP Evoked by the Modulated Visual Stimulus in Medium and High Frequencies、Proc. of Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems、査読有、2014、1639-1642

早川元貴、上田翔矢、板井陽俊、船瀬新王、The Saccadic EEG Analysis in Slow Cortical Potential Before the Eye Movement、Proc. of Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems、査読有、2014、270-274

早川元貴、上田翔矢、板井陽俊、船瀬新王、Study on Analysis of Movement-Related Cortical Potentials Included in Saccade-Related EEG、Proc. of 2014 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits & Systems、査読有、2014、411-414

田中将太、板井陽俊、安川博、A Study on Footstep Detection in Outdoor Environment Using Itakura-Saito Distance、Proc. of 2014 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits & Systems、査読有、2014、93-96

安川博、板井陽俊、The Footstep Classification Using Continuous DP Matching and Threshold、Proc. of 2014

International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications、査読有、2014、664-667

板井陽俊、安川博、内匠逸、畑雅恭、The Background Noise Estimation in the ELF Electromagnetic Wave Data Using Outer Product Expansion with Non-linear Filter、IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences、査読有、E97-A-11、2014、2114-2120

山内康一郎、昆虫類をヒントにした学習エンジンとその応用、ARENA、査読有、Vol17、2014、163-167

伊串健太、小木曾貴也、山内康一郎、Acceleration of reinforcement learning via game-based renewal energy management system、Proceedings of SCIS&ISIS 2014、査読有、2014、415-420

DOI:978-1-4799-5955-6/14/\$31.00

- ⑳ 近藤勇祐、山内康一郎、A Dytarnic Pruning Strategy for Incremental Learning on a Budget、Neural Information Processing 21st International Conference、JCONIP 2014 Kuching, Malaysia、Proceedings、査読有、Vol1、2014、295-303  
DOI:10.1007/978-3-319-12637-1

- ㉑ 山内康一郎、Incremental Learning on a Budget and its Application to Quick Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Systems、Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics、査読有、Vol18、2014、682-696

- ㉒ 鈴木裕利、石井成郎、原崇、伊藤誠、A New Approach to Web Mining:A Search Engine Offering Result of No Assumption、Proceedings of 2014 IIAI 3RD International Conference on Advanced Applied Informatics、査読有、Vol.3、2014、531-532

- ㉓ 石井成郎、鈴木裕利、佐久間佐織、Development and Practical Application of a Relationship Diagram-creation Tool Centering on Automatic Creation Functionality、Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education、査読有、Vol.6、2014、394-401

〔学会発表〕(計18件)

田島真智子、佐久間佐織、石井成郎、Assessment of Educative Efficacy of Concept Mapping Workbook for Basic Nursing Education、Proceedings of the International Nursing Research Conference 2017、2017

石井成郎、伊東裕康、Effectiveness of Creating Cartoon-style Life Reviews in Nursing Education、Proceedings of the International Nursing Research Conference 2017、2017

志賀俊佑、澤野弘明、松河剛司、佐久間佐織、石井成郎、鈴木裕利、A Proposal of a Catheter Insertion valuation Method Based on Its Speed、The 12th Int ' l Conf. on Knowledge, Information and Creativity Support System、2017

山口達也、澤野弘明、石井成郎、鈴木裕利、A Proposal on a Sign Language CG Wiki、Proceedings of 2017 IEEE 6th Global Conf. on Consumer Electronics (GCCE 2017)、IEEE、2017

上田磨歩、鈴木裕利、山下隆義、板井陽俊、石井成郎、Report on Behavior Analysis Using Text Mining in Pair Programming Education、Proceedings of the 6th International Congress on Advanced Applied Informatics、2017  
内正也、鈴木裕利、板井陽俊、山下隆義、石井成郎、Analysis of Effects of Cooperative Learning Due to Differences in Students' Skills、Proceedings of the 6th International Congress on Advanced Applied Informatics、2017

小宅直樹、鈴木裕利、石井成郎、Proposal of a PAD Evaluation Standard for Programming Education、Proceedings of the 6th International Congress on Advanced Applied Informatics、2017

上田磨歩、鈴木裕利、石井成郎、内正也、小宅直樹、プログラミング教育のためのPAD作成支援ツールの開発とその評価、電子情報通信学会2017年総大会、2017

上田磨歩、鈴木裕利、山下隆義、板井陽俊、石井成郎、ペア活動によるプログラミング授業における学習行動に関する考察、情報処理学会コンピュータと教育研究会、2017

内正也、鈴木裕利、板井陽俊、山下隆義、石井成郎、プログラミング教育における協同学習の効果の分析、情報処理学会コンピュータと教育研究会、2017

小宅直樹、鈴木裕利、山内康一郎、奥居哲、石井成郎、初心者プログラミング教育におけるPADの導入とその効果、電子情報通信学会教育工学研究会、2016

内正也、鈴木裕利、石井成郎、板井陽俊、山下隆義、社会的スキルに着目したプログラミング教育の学習効果の分

析、電子情報通信学会教育工学研究会，  
2016

上田磨歩、鈴木裕利、山下隆義、板井  
陽俊、石井成郎、モデリング能力向上  
のための授業デザインの改善、電子情  
報通信学会教育工学研究会 2016

石井成郎、鈴木裕利、板井陽俊、山下  
隆義、教育場面におけるグループワー  
クの創造性、日本認知科学会第 32 回大  
会、2015

小木曾貴也、山内康一郎、石井成郎、  
鈴木裕利、アンサンブル法によるユー  
ザスキル収集と教育への応用、日本デ  
ザイン学会第 62 回研究発表大会、2015  
赤津舞子、岩田拓也、澤野弘明、鈴木  
裕利、石井成郎、AKaTool (Associate  
Kango Tool)：看護教育のための関連図  
作成ツールの提案、教育システム情報  
学会研究会、2015

片桐雅貴、佐竹良崇、澤野弘明、鈴木  
裕利、石井成郎、土屋健、小柳恵一、  
地域学習支援タブレット端末アプリし  
のスタ」の提案、教育システム情報学  
会研究会、2015

石井成郎、鈴木裕利、創造性を育成す  
るための UML モデリング支援ツールの  
開発、日本デザイン学会第 61 回春季研  
究発表大会、2014

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 裕利 (SUZUKI, Yuri)  
中部大学・工学部・准教授  
研究者番号：20340200

### (2) 研究分担者

山内 康一郎 (YAMAUCHI, Koichiro)  
中部大学・工学部・教授  
研究者番号：00262949

奥居 哲 (OKUI, Satoshi)  
中部大学・工学部・准教授  
研究者番号：00283515

板井 陽俊 (ITAI, Akitoshi)  
中部大学・工学部・講師  
研究者番号：10551971

石井 成郎 (ISHII, Norio)  
一宮研伸大学・看護学部・准教授  
研究者番号：80399237