

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03030

研究課題名(和文) コピペ時代のプログラミング学習方法の開発

研究課題名(英文) Development of a Programming Learning Method in the Copy-Paste Era

研究代表者

大月 一弘 (Ohtsuki, Kazuhiro)

神戸大学・国際文化学研究所・教授

研究者番号：10185324

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、プログラムに対する俯瞰的な理解力を涵養するための学習方法を開発することを目的とする。本研究で行う学習方法の基本は、比較的似通ったプログラムによって作成された2つのビジュアルコンテンツ(静止画、動画、マウス操作によって変化する画像など(以下コンテンツと呼ぶ))を閲覧し、その違いを協調学習で議論することにより、プログラミング技法を学習する。同実験により、提案する学習方法は、同じようなプログラミング能力をもつメンバーのみならず、能力の異なるメンバーでおこなう協調学習においても有効に学習できることをしました。また、同学習の教材を容易に作成するためのオーサリングシステムも開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した学習方法は、サンプルプログラムのコピーペースト・開発ツールの利用・既存のライブラリの利用など、プログラムの一部がブラックボックス化された状況でプログラムを作成するようになった近年において、プログラムに対する俯瞰的な理解力を学習することが可能であることが確認された。同方法は、大学などでのプログラミング学習以外にも、IT会社におけるリカレント教育、また、小中等高等学校におけるプログラミング思考を養う学習にも効果があると考えられ、コピペ時代のプログラミングの新しい学習方法として幅広い場面で利用可能であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a learning method to cultivate an overarching understanding of programs. The basic approach in this study involves viewing two visual contents (such as still images, videos, or images that change with mouse operations, hereinafter referred to as "contents") created by relatively similar programs, and learning programming techniques by discussing their differences through collaborative learning.

The experiment demonstrated that the proposed learning method is effective not only for members with similar programming abilities but also for collaborative learning among members with different abilities. Additionally, we developed an authoring system to easily create teaching materials for this learning method.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 情報教育 プログラミング教育 協調学習 プログラミング思考

1. 研究開始当初の背景

近年のソフトウェア開発においては、サンプルプログラムのコピーペースト・開発ツールの利用・既存のライブラリの利用など、プログラムの一部がブラックボックス化された状況でプログラムを作成することが多い。ここでは、このような状況を総称して「コピペ時代のプログラミング環境」と呼ぶ。このような状況においては、プログラミング言語の文法を完全に記憶していることよりも、作成したいプログラムを俯瞰的に理解してプログラムを設計する能力が重要となる。

本研究では、プログラムに対する俯瞰的な理解力を測定するための方法を提案し、同方法に基づいたオンライン試験用のシステム（以下、テストシステムと呼ぶ）を開発している。

2. 研究の目的

本研究では、プログラムの文脈を理解するための俯瞰的な能力を涵養するための学習方法を開発することを目的とする。申請者らが開発・提案している「ビジュアルコンテンツ比較によるプログラミング能力測定法(PVCC: Programmed Visual Contents Comparison Method)」をもとに協調学習用システム、ならびに同システム用の教材開発を行い、実証実験を行うことにより同方法の妥当性、可能性を検証する。

3. 研究の方法

本研究で行う学習方法の基本は、図1に示すような比較的似通ったプログラムによって作成された2つのビジュアルコンテンツ（静止画、動画、マウス操作によって変化する画像）を閲覧し、その違いを学習しようというものである。1つのビジュアルコンテンツ全体のプログラミング構成を想像することはかなりの知識を要し、初中級者にとっては理解が難しいが、違いを比べる場合、全体像はわからなくても違いの部分のみに焦点をあてることができる。つまり、作成されたビジュアルコンテンツの異なる部分に関するプログラムの構成を理解することになる。

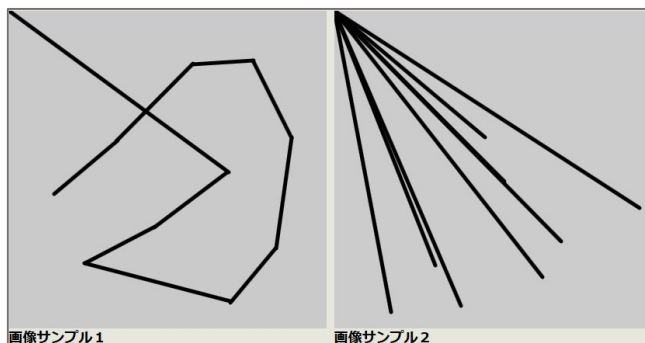


図1 マウス操作による直線の描画の教材

まず、協調学習で使用する教材を授業実施者（教員）が簡潔かつ自由に作成できるようにするための、学習支援システムを作成する。本学習では、2つのビジュアルコンテンツを比較する必要がある。まず、個別のビジュアルコンテンツを数多く準備できるようにする。授業の教材作成時には、教材として利用する教材となるビジュアルコンテンツのペアを選択し、教材となる問題を作成することが容易にできるようにする。さらに、作成した支援システムに、過去に作成したテストシステムの機能を移植する。

次に、作成した学習システムを用いて、本学習方法の有効性を調べるための授業（あるいは、会社での研修会）の場で利用してもらい、効果を調査する。どのレベルのプログラミング学習者に本学習方法が有効なのかについても図るため、次の3つの場面での実験を行う。

- ・ 様々なプログラミングレベルの学習者が混在する場合
- ・ プログラミング経験のある学習者間での学習
- ・ プログラミング経験のほとんどに学習者間での学習

4. 研究成果

(1) 学習支援システムの構築

本協調学習の用に、以下の機能を持つ学習支援システムを構築した。

- ・ 個々のコンテンツ、および同コンテンツのソースプログラムのデータベースへの格納・登録機能、
- ・ 比較用教材となる2個のコンテンツをペアの登録機能
- ・ コンテンツペア（1つの問題）を複数集めて作成する教材の登録機能
- ・ 登録されたコンテンツ群からペアにふさわしい候補を見つけるための支援機能
- ・ 登録されたコンテンツを基に類似コンテンツを作成するための類似コンテンツ作成機能
- ・ 教材の学生への提示・出題機能
- ・ 学生の解答機能

を有する。

これにより、教師実施者は、コンテンツを登録したり、登録したコンテンツから教材として使

用する問題を作成することが容易にできるようになった、実際、研究者以外の教員が授業において利用している。

また、各問題に対する学習者の解答やグループ学習での解答も同システムに保管できるようにしており、教員がその結果を見てフィードバック学習に利用できるようになっている。

(2) 社内教育・リカレント教育での本協調学習の利用

中小 IT 企業に 7 名を対象会として、社内研修会という形式で開催した。参加者は、上級のプログラマーであるソフトウェア開発部門のマネージャー、入社 3 年程度のプログラマー 2 名、業務ではプログラミングを行わないシステムオペレータ、プログラミング経験のほとんどない無営業、全くプログラム経験のない総務事務などさまざまである。

プログラム経験者たちは時には、アルゴリズムやプログラミング技法について専門的な用語をつかひながら議論する場合もあったが、議論がまとまると、そのないようについてプログラミング未経験者に対して簡単な言葉を使って説明していた。プログラム未経験者の事務職員は、高度な問題の際には、他者の議論を聞いているだけのことが多かったが、「今まで、皆さん同士の会話を横から聞いていても、難しくてさっぱり意味が分からなかったが、今日は、皆さんの議論の内容がわかりやすかった。話を聞いていて、どんなところに目をつけているのか少しわかった気がする。」と回答した。コンテンツを観ながらの会話であるため視覚的に違いをできること、細かな文法を議論するのではないため比較的専門用語が少ないこと、などがあり、技術用語をよく知らない初心者であっても、議論の内容が理解しやすいのではないかと考える。

また、他の者も「上級技術者の説明や議論を聞くことで、プログラミングに関する知識を深めた(シスオペ)」「私は 10 年以上プログラムコードを書いていません。ソースコードを書くことを想像することは楽しかった。自分の知識レベルを確認できて嬉しかった(上級シスオペ)」など全員が勉強になったとの感想であった。

中小の IT 企業においては、営業や事務の人などはプログラミング経験がないまま業務に従事しており、社内研修で一からプログラミングの基礎を学ぶことは困難であるが、本学習方法ではプログラミングの概観をつかむのに適しており、このような場面での本学習方法の有効性が示された。

(3) 大学院における初中級者むけ授業での利用

プログラミング経験がある大学院 4 人を対象として協調学習を行った。プログラミングの知識は経験には差があり、1 名が突出していた、全員での議論が円滑に進み、また、詳しい人のみが発言することのないように、次のような学習方法をとった。まず、他人と相談せずに個人ごとに解答を決定する。次に、協調学習の場では、各人の解答に至った理由を説明する。その際、解答率が少数であった選択肢を回答した人から説明を行う。

すべての学生が発言し、発言者が偏ることなく議論が順調に進んだことが確認された。また、個人での解答とグループでの最終回答の一致率は、全員が 60~70% (10 問中) であり、特にプログラミングの知識の差がでなかった。プログラミング知識の突出した学生は、他の学生の発言に対する理解力が高く、自分の 1 回目の解答が間違っていた場合でも、他者の発言を聞いて誤りに気づき、議論をまとめる役を担っていた。このことより、プログラムの違いをみつけ、違う部分のアルゴリズムを想像できることが重要であり、必ずしもプログラム技法や文法を知っている人が正しく回答できるわけではなく、プログラミング知識の差があっても同等に議論できることがわかった。

議論を通して、解答が少数であった選択肢を最終のグループでの解答に選んだ場合が 40% あり、なかには個人解答では誰も選択していない選択肢が最終解答となった場合もあった。このことから、議論を通してお互いの理解が深まっていっていることが分かる。

尚、学生同志で議論することが非常に勉強になったと全員が回答した。

(4) 初心者である学部を学生対象とした授業での利用

学部学生 40 名を対象とした反転授業形式の初心者向け授業において、用意された教材で予習してきた内容について、演習に入る前の確認として協調学習を行った。授業では、まず、予習内容に関係する問題をシステムから出題する。(3) の大学院における本学習方法と同様に最初に個人で回答を作成し、3,4 名程度の小グループに分けて議論し、グループごとに最終回答を作成してもらうという方法をとった。

最初に各人が自分の回答を作成するようにしているため、全員が発言しながら最終回答を決定していた。グループ学習の後で、教員が正解を解説するようにしていたが、事前に学生間で議論をしていたので、教員の解説が理解しやすくなったように見えた。

(5) 本学習方法は、学習者の知識レベルに応じた適切な問題を準備することで、幅広いレベルの学習者に対するプログラミング学習に役立つことがわかった。

(6) 開発した学習方法は、サンプルプログラムのコピーペースト・開発ツールの利用・既存のライブラリの利用など、プログラムの一部がブラックボックス化された状況でプログラムを作成するようになった近年において、プログラムに対する俯瞰的な理解力を学習することが可能で

あることが確認された。同方法は、大学などでのプログラミング学習以外にも、IT 会社におけるリカレント教育、また、小中高等学校におけるプログラミング思考を養う学習にも効果があると予想でき、コピペ時代のプログラミングの新しい学習方法として幅広い場面で利用可能であると考えられる。

<引用文献>

科学研究費基盤研究(C), コピペ時代のプログラミング能力評価手法の開発, 15K01068, 2015-2019)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2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 Thanh Ha Nguyen, Hidenari Kiyomitsu, Yi Sun, Takeshi Nishida, Kazuhiro Ohtsuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Collaborative Learning in Programming Education with the Programmed Visual Contents Comparison Method	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. of 12th International Conference on Information and Education Technology	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） 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 Thanh Ha Nguyen, 清光英成, 大月一弘	4. 巻 37 (7)
2. 論文標題 ビジュアルコンテンツ比較による協調型プログラミング学習の試み - 中小IT企業における社内リカレント教育を例に	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 66-72
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 Kiyomitsu Hidenari, Ha Thanh Nguyen, Shao Shuai, Shigyo Kento, Ohtsuki Kazuhiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Question Authoring for Learning Programming Skills based on the Programmed Visual Content Comparison Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE 8th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering	6. 最初と最後の頁 614 - 619
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0件

〔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	佐村 敏治 (Samura Toshiharu) (20288343)	神戸大学・国際文化学研究所・教育研究補佐員 (14501)	

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
研究分担者	清光 英成 (Kiyomitsu Hidenari) (20304082)	神戸大学・国際文化学研究所・教授 (14501)	
研究分担者	孫 一 (Sun Yi) (30636725)	神戸情報大学院大学・情報技術研究所・講師 (34529)	
研究分担者	康 敏 (Kang Ming) (60290425)	神戸大学・国際文化学研究所・教授 (14501)	
研究分担者	柏木 治美 (Kashiwagi Harumi) (60343349)	神戸大学・大学教育推進機構・教授 (14501)	

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