

令和元年6月5日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01068

研究課題名(和文) コピペ時代のプログラミング能力評価手法の開発

研究課題名(英文) An evaluation method for panoramic understanding of programming in copy-paste era

研究代表者

大月 一弘 (Ohtsuki, Kazuhiro)

神戸大学・国際文化科学研究科・教授

研究者番号：10185324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：近年のソフトウェア開発は、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。このような状況では、プログラミング言語の文法を記憶することよりも、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るための新しい評価手法を確立する。提案手法では、プログラムで作成された画像や動画像(以下、コンテンツと呼ぶ)を2つ提示し、どちらのコンテンツのプログラムが難しいかを受験者に判断させることで、受験者のプログラミング能力を測る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ソフトウェア開発方法が近年大きく変化していることに対応して、現代のプログラミング作成に必要なプログラミング能力を測定しようというものである。従来行われている文法知識を問うような試験に比べて、より実践的なプログラミング能力を測れる。アルゴリズムやソースコードを記述させるような試験に比べて、受験者が気軽に短時間で能力を測定できるため、学校だけでなく会社などにおいても広く使用が可能であり、汎用性が高いものとなっている。

研究成果の概要(英文)：In recent years, professionals in different fields have become able to do programming by using simplified software tools, as a consequence of this they are becoming able to understand programming in a general or “panoramic” way. This understanding is not evaluated by current programming abilities testing methods such as written paper tests or practical programming. This paper proposes a Programmed Visual Contents Comparison Method to assess programming ability, and additionally, a testing system based on this method. With this method, by comparing 2 displayed images and interactive animations produced by programming samples (a question) a subject must decide which one of the programs is more difficult to build with programming than the other, or, if the difficulty is similar for both of them.

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 コピペ e-ラーニング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、ソフトウェアの開発環境は、大きく変わってきている。その特徴として、(1)Web 上に多数のサンプルプログラムや解説が掲載されており、プログラム開発を業務とするデベロッパーもそれをコピーペーストするなどしてプログラムを作成する。(2)様々なプログラムが関数化され提供されるようになり、プログラム開発者はライブラリから最も適したものを探すという作業がプログラム作成における重要な作業となっている。(3)ゲーム・3D作成などの様々なアプリケーションに特化したソフトウェア開発ツールが提供されるようになり、それらのツールを利用することにより一部分のみソースコードを自分で記述するだけでプログラムが完成する、といった点があげられる。つまり、プログラム作成において、プログラムのパーツあるいは、大枠部分がブラックボックス化され、ブラックボックスをうまくつなぎ合わせるのみでプログラムが完成していると考えられることができる。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。

従来、プログラミング能力を評価するには、ペーパーテストによる評価、作成した作品(プログラム)の評価などが一般的であった。しかし、他人のプログラムやプログラミング言語マニュアルをうまく参照しながらプログラムを作成する人はペーパーテストが必ずしも好成績とはならないし、作品を評価する場合も出来上がった作品やソースコード見ただけでは、どのような方法でどの程度の理解の上で作成したのかの判断が難しいという課題が生じている。

2. 研究の目的

現代のプログラミングにおいては、プログラムの文法の知識よりも、プログラムの文脈を理解する力、つまりプログラムの俯瞰的な理解する能力が大切であると考えている。ここでいう文脈とは、アルゴリズムや、それよりももう少し大きな見地からのプログラム構成力や設計力のことをいう。そこで、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測定するためのプログラミング能力評価手法を開発することを目的とする。ここでは、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 法: Programmed Visual Contents Comparison Method)という形式を提案し、同方法の妥当性や制度を検証しつつ、同手法の精度の向上や、測定できるプログラミング能力の種類を増加させる方法、同手法で評価を行うことが可能な人材の技術レベルの範囲などを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究で提案する PVCC 法は、プログラムによって描画された 2 つの出力画像(静止画、ア

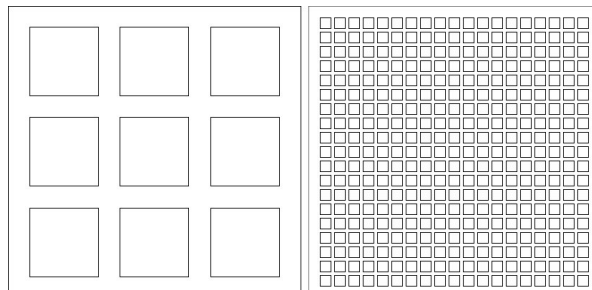


図1 繰り返しを用いた作図

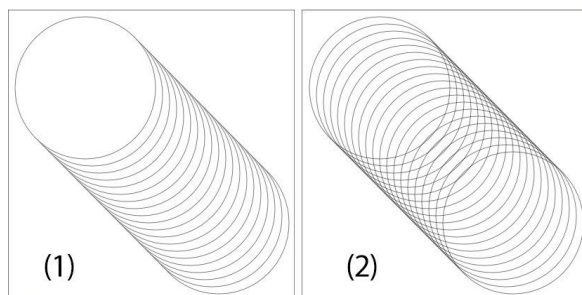


図2 陰線処理

ニメーション、対話的畫面遷移、グラフ、テキスト等)を利用者に比較させ、どちらの画像を描画するプログラムを書く方が難しいかを回答させることにより、プログラミングに関する俯瞰的な理解を測定する方法である。図1の場合、「繰り返し」の技法を知っているならば、ソース例えば、コードは同じでありパラメータが異なるだけである。つまり「難しさは同じ」であると答えることができる。図2の場合、Processing などの図形オブジェクトを標準ライブラリとして持つプログラミング言語では、同じソースコードで記述できるが、(2)図の場合、ブラックボックス化されたオブジェクトが陰線処理を行っている。つまり、プログラム理解しているかどうかで回答が異なることが予想される。

この例にあるように、本方式によりテストはプログラムを正しく書けるかは問わない。その代わりに、画像をプログラミングする際に必要となるプログラミング技法や図形処理の知識を知っているかどうかを判定することになる。同方法の妥当性や

効果をはかるために以下のことを行う。

(1) PVCC 法の能力測定の可能性の評価

PVCC 法でビジュアルコンテンツを使用するため、比較対象となる 2 つのコンテンツの違いを判断するためには、一般的なプログラム技法、画像処理技法のいずれかあるいは両方の知識が必要となる。そこで、次のような実験を行い PVCC 方式がプログラミング能力を測定できるかを検証する。

異なるプログラミング学習経験をもつ学生に PVCC 法による能力評価テストを受験してもらい、彼らが身に付けていると想定されるプログラミン能力の差がテストの結果に反映されるかを調

べる。また、学習年数の違いとテスト結果との相関も調査する。

(2) 出題システムの改良

プログラミングを教えている教員に能力評価テストを試してもらい、われわれの想定した正解を回答が可能か、課題のある部分についてのコメントを受ける。これらのフィードバックをもとに、出題用コンテンツの精査、問題提示方法の改善を行う。

(3) 高度職業人の能力評価への適応可能性の検討

PVCC は、プログラミングの初中級者向けの利用を想定して作成していたが、IT 会社などにおける社内教育や社会人の能力評価にも利用可能であるかどうかを調査する。IT 会社において PVCC システムによる能力評価テストを使用してもらい、結果分析やアンケートへの回答をもとに、社会人に対する能力評価システムとしての利用可能性を検討する。

ヒントと操作説明の二種類の説明文からなり、可視化コンテンツ組と同時に提示する。ヒントは、被験者が問題の分析を始めるために適切な糸口を示し、正解を連想させない文章である。

4. 研究成果

(1) PVCC 法の能力測定の可能性の評価

異なるプログラミング学習経験をもつ学生に PVCC 法による能力評価テストを受験してもらい、結果を分析した。コンピュータ専門学校生を対象とし、画像処理、プログラミングの両方を学んでいるゲーム学科、プログラミング中心である情報処理科、プログラミングより画像用ツールの利用が中心であるグラフィックデザイン学科の学生、計 192 名に能力評価テストを受験してもらった。経験のあるどちらか一方の知識で解ける問題、両方の知識が必要な問題を準備した。実験の結果、各学科の学生の成績結果と事前に予測した成績特性がほぼ一致した。また、情報処理科の学生については、2 年生と 3 年生の成績を比較したところ、3 年生の成績が高いことがわかった。これらの結果より、同方式を用いたプログラミング能力測定には、充分妥当であることがわかった。

(2) 出題システムの改良

大学で、プログラミング教育を行っている教員 6 名に、能力評価試験を実際に受験してもらい、出題内容の適切さ、出題者が想定する正解の妥当性について回答してもらった。「マウス操作についての指示が曖昧であったため、出題者が意図した違いを発見することができなかった。」「プログラミング言語によりプログラムの書き方が違うので、比較する 2 つのコンテンツの難しさを、どう評価してよいか判断しにくい」と課題があることが判明した。

同課題を改善するために、能力評価用システムにガイダンス機能を設けたことにした。同機能は、ヒントと操作説明の二種類の説明文からなり、可視化コンテンツ組と同時に提示する。これにより、受験者が出題されたコンテンツのどの部分に焦点をあてたらよいかが明確になり判断基準に迷う危険性を減少させた。

また、プログラムのアウトプットであるコンテンツに加えてインプットである入力データの形態も同時に表示するという方法も考案した。これにより、プログラミング部分で行う処理の内容がより明確になることで難易度の評価が行いやすくなる、本能力テストで測定できるプログラミング技法の種類が増加するようになった。

(3) 高度職業人の能力評価への適応可能性

IT ベンチャー企業の協力を得て、ソフトウェア開発、システム保守、WEB コンテンツ開発、営業、一般事務などの異なる職種・プログラミング経験を持つ社会人 9 人に能力評価テストを受験してもらった。また、別の 6 人にはプロジェクトで試験問題を見ながら正解について議論してもらった。この実験の結果次のようなことが判った。

- ・ 業務でプログラミングをしない者でも、自分の職務経験を通じてプログラミングに対する俯瞰的な知識を身につけている場合がある。

- ・ プログラミング経験が豊富な者でも、自分の得意・不得意なプログラミングの分野が判る。

このことより、PVCC 法を用いた能力評価テストは、高度職業人のプログラミング能力の評価にも適応できることが判明した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Hidehiko Kiyomitsu, Calderon Dick Martinez, Kazuhiro Ohtsuki, Yi Sun, Toshiharu Samura, Masami Hirabayashi, Yukinobu Miyamoto, An Approach for Evaluating IT Employees' Programming Ability Using the Programed Visual Contents Comparison Method, Proc. 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), 423-430, 2018, 査読有.
DOI: 10.1109/TALE.2018.8615401

Dick Martinez Calderon, Yukinobu Miyamoto, Masami Hirabayashi, Hidenari Kiyomitsu, Kazuhiro Ohtsuki, Kin Man, Yi Sun, Measurement Range Increment in a Method for Evaluating Panoramic Understanding of Programming, Proc. of Frontiers in Education, 1-8, 2016, 査読有.
DOI: 10.1109/FIE.2016.7757489

Dick Martinez Calderon, Kin Man, Hidenari Kiyomitsu, Kazuhiro Ohtsuki, Yukinobu Miyamoto, Yi Sun, An evaluation method for panoramic understanding of programming by comparison with visual examples, IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1-8, 2015, 査読有.
DOI: 10.1109/FIE.2015.7344104

[学会発表](計 5 件)

清光 英成, ディック マルチネス, 孫 一, 大月 一弘, 可視化コンテンツ比較法の法人利用の可能性とアプローチ, 第 11 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, E2-5, 1-7, 2019.

清光 英成, ディック マルチネス, 孫 一, 大月 一弘, 画像比較による俯瞰的プログラミング能力評価のための可視化コンテンツ組生成, 教育システム情報学会研究報告, 33, 6, 37-44, 2019.

Dick Martinez Calderon, Yukinobu Miyamoto, Hidenari Kiyomitsu, Kazuhiro Ohtsuki, Evaluating Programming Ability by Using a Visual Contents Comparison Method, データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, P7-3, 1-4, 2017.

Martinez Calderon Dick, 宮本 行庸, 清光 英成, 大月 一弘, 視覚コンテンツ比較によるプログラミング能力評価法の特徴と利点, 電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, PS4-7, 1317-1319, 2016.

Dick Martinez, Calderon, Yukinobu Miyamoto, Masami Hirabayashi, Hidenari Kiyomitsu, Kazuhiro Ohtsuki, An Evaluation Method for Panoramic Understanding of Programming by Comparison of Programmed Visual Samples, 情報処理学会研究報告, CE-134, 1-7, 2016.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：清光 英成

ローマ字氏名：Kiyomitsu Hidenari

所属研究機関名：神戸大学

部局名：国際文化学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁): 20304082

研究分担者氏名：康 敏

ローマ字氏名：Kang Min

所属研究機関名：神戸大学

部局名：国際文化学研究科

職名：教授

研究者番号(8桁): 60290425

研究分担者氏名：柏木 治美

ローマ字氏名：Kashiwagi Harumi

所属研究機関名：神戸大学

部局名：大学教育推進機構

職名：教授

研究者番号（8桁）：60343349

研究分担者氏名：平林 真実

ローマ字氏名：Hirabayashi Masami

所属研究機関名：情報科学芸術大学院大学

部局名：メディア表現研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：10508477

研究分担者氏名：孫 一

ローマ字氏名：Sun Yi

所属研究機関名：神戸情報大学院大学

部局名：情報技術研究科

職名：助教

研究者番号（8桁）：30636725

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。