

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 4 日現在

機関番号：17104

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22650204

研究課題名（和文）良質な試行錯誤に基づく高抽象プログラミング概念修得に関する研究

研究課題名（英文）Learning of Abstract Programming Concepts based on Better Trial and Error Experiences

研究代表者

三浦 元喜 (MIURA MOTOKI)

九州工業大学・工学研究院・准教授

研究者番号：00334053

研究成果の概要（和文）：

視覚モデルへの直感的な操作から対応するソースコードを生成して提示するシステム AnchorGarden の有効性について検証を行った。2011 年にメソッド呼び出しやデータ構造、返却値の可視化を実現したが、統計的な有効性は十分検証されていなかった。そこで大学 2 年生の C 言語学習者約 100 名を対象とし、分数クラスのオブジェクト状況を図示する問題について、システム利用群の正解率は未使用群に比べて有意に高かった。このことから、オブジェクトの状況を操作しつつ、自動生成されるソースコードを観察することにより、ソースコードの表す意味を短時間のうちに、直感的かつ正確に理解できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

Learning of object-oriented programming language (OOPL) is difficult for novice programmer. We proposed a method to visualize concept models of OOPL, and allow the novice programmer to manipulate the visualized models by intuitive manner. The novice programmer can see snippets of source code corresponding to the manipulation. We developed a system named Anchor Garden (AG) to realize the method, and conducted an experiment at the end of CS1 course. We confirmed the system significantly increase the understanding of object and variable relationship.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	800,000	0	800,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	2,600,000	540,000	3,140,000

研究分野：総合系

科研費の分科・細目：情報学・ヒューマンインタフェース・インタラクション

キーワード：プログラミング学習，教育工学，ユーザインタフェース，オブジェクト指向

1. 研究開始当初の背景

これまでプログラミング教育の分野では、初心者を対象にした視覚的なモデルに基づく作業環境が提供されてきた。しかし、これらの作業環境の多くは、プログラミングにおける基礎的な概念（逐次実行、条件分岐、繰り返し等のアルゴリズム、および、変数や配列等のデータ構造）の可視化にとどまっていた。

KidSim[1] や Viscuit[2] といった例示ベースのビジュアルプログラミング環境は、これらの概念と表記を意識させず、誰でも複雑なアニメーションやゲームを記述できるように工夫されている。一方、汎用のコントロールはシステムに依存するものが多く、また一般的なプログラミング言語で用いられる概念の理解を目的とするものではない。ドリトル [3] や Alice[4], Nigari system[5], Scratch[6]などはビジュアル表現を援用しプログラミング状態を可視化することで、プログラムの振る舞いを理解しやすくする工夫をとりいれている。しかし実践的なオブジェクト指向プログラミングを行ううえでは、クラスとインスタンス、メンバ変数とメソッド、コンストラクタといった抽象度の高い概念の理解が必要になる。

そこで本研究では、視覚的なモデルに基づく作業環境がもたらす良質な試行錯誤活動の利点を活用しつつ、より抽象度の高い概念を修得するための方法論を確立し、その有効性について検証する。

2. 研究の目的

基本的なシステムは2010年までにほぼ完成していたが、システムの動的な側面（メンバ変数の変化、メソッド呼び出し等）には対応していなかった。2011年に、オブジェクトのメンバ変数やメソッドの概念を追加し、より具体的な事例（分数や二分木）をもとに初学者が学習できるように改良を加えた（図1, 図2）。ただし、この段階では改良を加えた

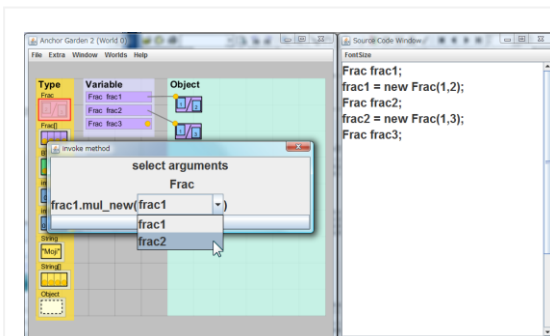


図1：分数オブジェクトの視覚化とメソッド実行

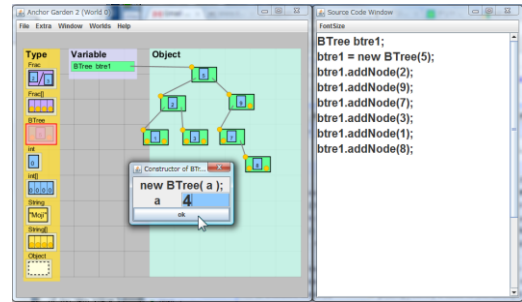


図2：二分木オブジェクトの視覚化とメソッド実行

システムに関する統計的な有効性は十分に検証されていなかった。そこで我々は、プログラミング初学者を対象に、システムを利用した場合と利用しなかった場合とで事後テストの点数に差があるかどうかを調べ、手法およびシステムの有効性について検証した。

3. 研究の方法

2012年8月に、提案手法の有効性を検証するための実験を行った。工学部の2つの学科（機械系のA学科と、化学系のB学科）に共通で開講している、C言語の基礎を教える科目の最終回の授業において、発展としてオブジェクト指向プログラミングの基本的な考え方を20分程度でスライドおよびAnchorGardenを用いて説明した。

説明の後、B学科の学生にのみAnchorGardenを各自起動し、操作説明を聞きながら試行する時間を10分程度与えた。その後、両学科ともA4用紙の片面に印刷した問題を小テストとして解いてもらった。その際、小テストは講義全体の満点100点のうちの2点分の成績として加味することを伝えた。問題の回答時間はA学科は40分、B学科は30分とした。回答に際し、A学科にはヒントとしてプロジェクトにAnchorGardenシステムの画面を投影した。B学科については各人がAnchorGardenシステムを継続して使用することを許諾した。

なお問題1は分数クラスを使った計算結果を問う3問で構成される。問題2は分数クラスを使ったプログラムの実行に伴うオブジェクトの状況を図示する問題5問からなる。

採点の結果、合計が0点の答えは回答意志が希薄であるとして以降の検定から除いた。最終的な有効回答数はA学科51件、B学科48件であった。問題ごとの結果を表2に示す。F検定の結果、問題1、問題2ともに等分散が仮定できなかった。分散が等しくないと仮定したt検定の結果、問題1は有意

差がみられなかった ($t(84) = 1.40, p = .16$). 一方, 問題 2 については使用群の成績は未使用群に比べて有意に高いことがわかった ($t(90) = 3.24, p < .002$).

問題 1 で有意差がみられなかった理由として, 簡単な分数の計算ができればある程度の点数がとれる問題であったため, 天井効果が現れたことが考えられる. 問題 2 で有意差がみられた理由として, AnchorGarden システムの操作により, ソースコードの表す意味を短時間のうちに, 直感的に理解することができたことが考えられる. なお AnchorGarden システムはキーボードからのソースコード直接入力をサポートしていないため, 問題 2 のようなソースコードの実行結果を直接図示して確認することはできない. そのため, AnchorGarden を使用しても問題の解答を直接得ることはできない. よって, オブジェクトの状況およびそれを操作して生成されるソースコードの観察を通じ, 学習者が正しい概念モデルを確認・獲得したと考えられる.

4. 研究成果

波及効果の観点から, 本研究を実施するうえで開発した AnchorGarden ソフトウェアの一般公開およびソースコードの公開を行った. 関連する研究者が視覚的なモデルを修正しながら概念理解を行う学習支援システムを比較的容易に作成・改良できることによって, プログラミング学習支援に関する派生研究の進展に貢献することができた. 具体的には, ポリモーフィズムの概念を理解する enPoly システムを静岡大のグループが開発・発表している[7].

[1] Smith, D. C., Cypher, A. and Spohrer, J.: KidSim: programming agents without a programming language, Communication of the ACM, Vol. 37, No. 7, pp. 54-67 (1994).

[2] 原田康徳: Viscuit: 柔らかい書き換えによるアニメーション記述言語, 情報処理学会インタラクシオン 2004 予稿集, pp. 183-184 (2004).

[3] 兼宗 進, 中谷多哉子, 御手洗理英, 福井眞吾, 久野 靖: 初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価, 情報処理学会誌プログラミング, Vol. 44, No. 13, pp. 58-71 (2003).

[4] Powers, K., Ecott, S. and Hirshfield, L. M.: Through the Looking Glass: Teaching CS0 with Alice, Proceedings of the 38th SIGCSE technical symposium on Computer

science education, pp. 213-217 (2007).

[5] 長 慎也, 甲斐宗徳, 川合 晶, 日野孝昭, 前島真一, 箕 捷彦: プログラミング環境 Nigari: 初学者が Java を習うまでの案内役, 情報処理学会論文誌 プログラミング, Vol. 45, No. 9, pp. 25-46 (2004).

[6] Maloney, J. H., Peppler, K., Kafai, Y., Resnick, M. and Rusk, N.: Programming by Choice: Urban Youth Learning Programming with Scratch, Proceedings of the 39th SIGCSE technical symposium on Computer science education, pp. 367-371 (2008).

[7] 石川裕季子, 松澤芳昭, 酒井三四郎: enPoly: オブジェクト指向言語におけるポリモーフィズムの概念を理解するためのワークベンチ, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告, Vol. 2013, No. 7, pp. 1-9 (2013).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

① Md. Shiful Islam, Susumu Kunifuji, Tessai Hayama, Motoki Miura: Towards exploring a global scenario of e-learning in library and information science schools, The International Information & Library Review, 査読有, Vol. 43, No. Issue 1, pp. 15-22, March 2011.

[学会発表] (計 4 件)

① 三浦 元喜, 杉原 太郎: オブジェクト指向プログラミングの概念理解を支援する AnchorGarden システムの評価, 情報処理学会インタラクシオン 2013 シンポジウム, 東京, pp. 222-225, 2013 年 2 月.

② 三浦 元喜, 杉原 太郎: 計算機演習室でのプログラミング授業における座席の属性と成績の関係, 情報処理学会情報教育シンポジウム (SSS2012), 静岡, pp. 15-20, 2012 年 8 月.

③ Motoki Miura, Taro Sugihara: Effect of Seat Location on Programming Course Achievement, Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES2011) Part III, LNAI 6883, Kaiserslautern, Germany, pp. 539-547, September 2011.

④ 三浦 元喜, 杉原 太郎: オブジェクト指向

言語におけるクラス定義の意味とオブジェクトの振舞いを理解するためのワークショップ，情報処理学会情報教育シンポジウム (SSS2011)，岡山，pp. 43-49，2011年8月.

〔その他〕
ホームページ等

<http://ist.mns.kyutech.ac.jp/miura/anchorgarden/index-j.php>
ソフトウェアをソースコードおよび実行可能形式(Java Web Start)にて提供中.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三浦 元喜 (MIURA MOTOKI)
九州工業大学・工学研究院・准教授
研究者番号：00334053