

対象世界・プログラム・操作系列の視覚化に基づく多重ループ教育の実践

An Educational Practice of Multi-loop Based on Visualizing Relations among Program, Operations and Domain World

山下 浩一^{*1}, 岡本 真^{*2}, 小暮 悟^{*2}, 野口 靖浩^{*2}, 小西 達裕^{*2}, 伊東 幸宏^{*3}
Koichi YAMASHITA^{*1}, Makoto OKAMOTO^{*2}, Satoru KOGURE^{*2}, Yasuhiro NOGUCHI^{*2}, Tatsuhiro KONISHI^{*2},
Yukihiro ITOH^{*3}

^{*1} 浜松大学ビジネスデザイン学部

^{*1} Faculty of Business Design, Hamamatsu University

^{*2} 静岡大学大学院情報学研究科

^{*3} 静岡大学

^{*2} Graduate School of Informatics, Shizuoka University

^{*3} Shizuoka University

Email: yamasita@hm.tokoha-u.ac.jp

あらまし: 文科系学部における初等プログラミング教育でよく見られる学生の躓きに, 多重ループの理解がある. 筆者らはこの理解を支援するものとして, 対象世界・プログラム・操作系列の対応を視覚化するプログラミング学習支援環境を利用し, 多重ループに関する演習授業を実践した. プレテストおよびポストテストの結果は, 本学習支援システムの利用と多重ループについての理解が一定の相関を持つことを示唆するものであった.

キーワード: アルゴリズム理解, プログラミング言語教育, 授業実践, 対話型学習環境

1. はじめに

社会の情報化を背景に, 多様な学生を対象としたプログラミング教育が実施されるようになってきている. 筆者らは4年制大学の文科系学部におけるこれまでの授業経験から, 学生の理解に躓きが見られる箇所として次の3点に注目している.

- (G1): 制御構造・記述構造のネスト. 階層的な表現や階層構造を正しく解釈すること.
- (G2): 変数による処理の一般化. n 回目の処理を n を使って解釈・説明すること.
- (G3): トレース. 特に変数の値がプログラム中でどのように変化するか捕捉すること.

多重ループはこれらの理解が必須の学習対象であり, このために学生の躓きが顕著に表れる処理である. 筆者らは学生の理解を支援するものとして, 対象世界・プログラム・操作系列の対応を視覚化するプログラミング環境を利用し, 多重ループに関する演習授業を実践した. 本稿では筆者らが実践した授業の概要と, 使用したシステムについて報告する. プレテストとポストテストの結果から示唆された, システムと学生の理解の相関性についても述べる.

2. 学習支援システム

岡本らの先行研究⁽¹⁾では, 学習者のプログラム理解には「対象世界」, 対象世界に対する「操作系列」, 「プログラムコード」という3つの世界の想起が伴うと仮定されている. この下で学習者の理解度を, (L1): 具体的データに対する操作系列を再現できる. (L2): その具体的操作系列を抽象化できる. (L3): 抽象化した操作系列の操作群とプログラムコードの対応を理解できる. の3レベルに分類し, (L2), (L3)への到達を支援す

るシステムを提案している. 図1に岡本らのシステムが提供する学習支援環境の概観を示す. プログラムコード, 対象世界, 操作系列がそれぞれ(A)(B)(C)に再現されている.

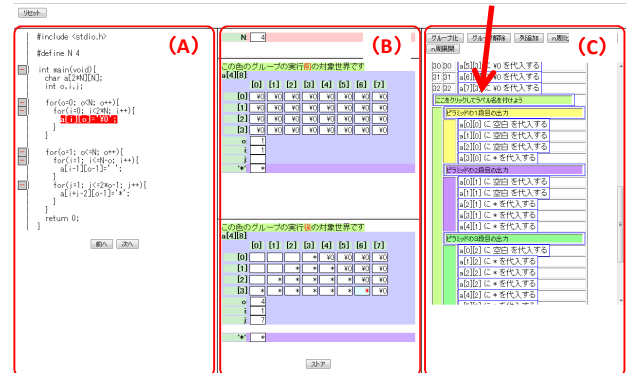


図1 学習支援環境の概観

2.1 (L2)への学習支援

操作系列の各操作をクリックすると, 操作後の対象世界が(B)に表示される. 学習者は, ある操作群前後の対象世界の状況を比較し, 一定の役割を持つ操作群を(C)で見出したら, それらをグループ化するように操作する. その後, 生成されたラベル入力欄(図1矢印部)にグループの役割を入力する. 操作群がループを構成する場合, グループ化後にループ n 周目の操作ラベルを入力する機能⁽²⁾も実現されている.

2.2 (L3)への学習支援

プログラムコード(A)と操作系列(C)の対応を, 一方の要素を指定すると他方の要素が強調表示される機能を使って認識させる.

3. 期待される効果

(G1)の理解に必要な能力は, 操作系列の抽象的役

割の把握とその階層性の理解にあるものと考えられる。2.1 節で示したグループ化及びラベル付け機能は、この能力の修得を支援するものと考えられる。

(G2)の修得には、操作の系列から帰納的に処理を一般化することが必要と考えられる。n 周目ラベル付け機能が直接的に貢献するものと考えられる。

(G3)の修得には、2.2 節で示したプログラムと操作系列の対応を視覚化する機能が貢献するものと考えられる。両者の対応を見ながら対象世界を観察することは擬似的なプログラムのトレースを実現し、理解を支援するものと考えられる。

4. 実践授業の概要

浜松大学ビジネスデザイン学部経営情報学科は、「プログラミングⅠ」、「プログラミングⅡ」を2年生向けに設置している。実践授業はプログラミングⅡの2回分で実施し、30名が受講した。1回目は単一・多重ループの復習的講義を行い、その後プレテストを実施した。2回目は参加者に2節の学習支援環境を与え、2つの課題を学習させた。課題1では、学生は文字をピラミッド型に画面表示させる。教師は、課題1を題材にシステムの利用法を15分程度で説明した。学習手順として「操作系列からまとまった意味を持つ群を見出しグループ化すること」、「その際、対象世界を観察し、操作前後の世界の変化を見出すこと」、「見出した変化に応じたラベルをグループに付与すること」を指示した。課題2はピラミッドを二次元配列に格納させるもので、何もヒントを与えず20分間自由に学習させた。終了後にはポストテストを実施し、アンケート調査を経て授業を終了した。なお、2回目の授業では学習の様子を観察するために、システム操作中の画面を録画した。

プレテスト・ポストテストでは、単一・多重ループの意味を問う問題(Q1-1~Q1-3)、制御変数をトレースする問題(Q2-1~Q2-2)、プログラム全体の意味を問う問題(Q3)を各問10点満点で出題した。各問の構成と趣旨は両テストでそれぞれ同一とした。問題プログラムは類似しているが異なったものを用いた。

5. 考察

録画内容の精査から、学習者のシステム利用状況にばらつきが認められたため、課題2に対する次の3つの学習行動に着目して各行動の有無を確認した。

- (A1): 階層的なグループ化を試行した。
- (A2): 各グループのラベル付けが適切だった。
- (A3): プログラムの挙動を最後まで確認した。

(A1)は(G1)の理解のための学習行動であり、この行動によってQ1-1~Q1-3とQ3の得点が向上することが期待できる。同様に(A2)は(G2)に対応した行動でQ1-1~Q1-3とQ3の得点が、(A3)は(G3)に対応しQ2-1~Q2-2とQ3の得点が向上すると期待できる。

得点集計にあたっては、プレテストの高得点者6名と録画に不具合のあった6名を除外した18名を対象とした。さらに対象を(A1)~(A3)の各学習行動有

(○群)と行動無(×群)の2群に分けた上で、問ごとに得点の変化を集計した。集計結果には対応のないt検定を適用して有意差を判定した。結果を表1に示す。有意水準5%以下で有意差が見られたデータには*を、1%以下のものには**を記す。各学習行動に対応する問には、概ね期待した得点向上が見られる。

表1 プレテスト・ポストテスト間の得点差平均

	Q1-1	Q1-2	Q1-3	Q2-1	Q2-2	Q3
A1○	1.20	0.00	3.20**			4.50**
A1×	-1.00	-0.88	-0.25**			0.63**
A2○	1.40	0.60	4.00			4.00
A2×	-0.80	0.00	0.60			1.70
A3○				2.00*	2.00	3.40
A3×				-1.25*	0.00	2.00

学習効果をさらに高めるために、筆者らは(G2)の修得支援を改善することを考えている。(G2)の修得にはn周目ラベル付け機能が貢献するものと考えられるが、学習行動としてこの機能の適切な利用に着目したとき、行動の有無と得点向上との間に有意な相関性は見られなかった。多重ループにおいては、外側ループと内側ループの双方に対してn周目ラベルを考える必要がある。内側ループのn周目ラベル付けには、外側ループの制御変数を参照しなければならない場合もあり、帰納的な処理の一般化の過程は単一ループに比べて複雑である。学習者を適切なn周目ラベル付けに誘導できる効果的なシナリオを検討する必要があるものと考えられる。

6. むすび

文科系学生のプログラミング学習によく見られる躓きを包括的に扱う対象として多重ループを採り上げ、学習支援システムを利用した授業を実践した。システムは対象世界・プログラム・操作系列の対応を視覚化する学習支援環境を提供するものである。プレテスト・ポストテストの集計結果からは、次の項目間の相関性が示唆された。

- 階層的グループ化の試行(A1)とネスト理解(G1)
- 適切なラベル付け(A2)と処理の一般化(G2)
- 対象世界の観察(A3)と変数値の変化の捕捉(G3)

今後、学習効果をさらに高めるための学習支援方法と、学習者のシステム利用状況にばらつきを生まないためのより効果的な授業運営を検討する。

参考文献

- (1) 岡本真, 小暮悟, 野口靖浩, 小西達裕, 伊東幸宏: “対象世界・プログラム・操作系列の対応を視覚化するプログラミング・アルゴリズム学習環境”, 第36回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.446-447 (2011)
- (2) 岡本真, 小暮悟, 野口靖浩, 小西達裕, 伊東幸宏: “対象世界・プログラム・操作系列の対応を視覚化するプログラミング・アルゴリズム学習環境における学習者誘導機能”, 第37回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.392-393 (2012)