

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・アルゴリズム学習支援環境における学習者誘導機能

Guidance Feature for Learning Environment with Visualizing Relations among Program, Operations and Domain World in Programs and Algorithm Education

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

^{*1}静岡大学大学院情報学研究科

^{*1}Graduate School of Informatics, Shizuoka University

^{*2}静岡大学情報学部

^{*3}静岡大学

^{*2}Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{*3}Shizuoka University

Email: gs11011@s.inf.shizuoka.ac.jp

あらまし：先行研究において，プログラミング・アルゴリズム学習を支援するために，ソースコード，対象世界，操作系列の対応関係を視覚化する学習支援環境を構築した．このシステムでは操作系列をグループ化させ，その意味を記述させることにより，操作系列をソースコードに合致した抽象度で理解することを支援する．本稿ではこの理解プロセスにおける典型的な行き詰まりの解消を支援する機能，教師が記述した学習シナリオと学習者の理解度に従って学習者を適切な学習プロセスに誘導する機能を追加した．

キーワード：プログラミング学習支援，アルゴリズム学習支援，対話型学習環境

1. はじめに

一般的なアルゴリズム学習方法としてトランプ等の教具を使って学習者に操作系列を再現させるものがある．我々は先行研究でこの学習方法を発展させ，GUI上に視覚化した対象世界に対する学習者の操作系列の正誤を評価するシステムを構築した⁽¹⁾．更に我々は，プログラムコード，操作系列，それらを実行した際の対象世界の状態の対応関係を視覚化する事で，操作系列の抽象化と及び抽象化された操作系列とプログラムコードとの対応関係の理解を支援するシステムを構築した⁽²⁾．このシステムの評価予備実験より，被験者が行き詰るポイントが明らかになり，また多くの学習者が学習中にどの機能をいつ使うべきか迷うという知見を得た．ここで得られた行き詰まるポイントは，SICP⁽³⁾等でも取り上げられている重要なものである．そこで本研究では，先行システムに行き詰りの解消を支援する機能及び学習者を誘導する機能を拡張する．

2. 学習支援方針

2.1 先行研究の学習支援方法

我々は学習者がプログラムを理解する際，「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つの世界を想起すると捉えている．また，学習者の理解度を3レベルに分類している⁽²⁾．(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する事ができる．(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．

(L1)に達しない学習者には，伝統的な教具や先行システム⁽¹⁾を使わせて(L1)に到達させる．(L2)(L3)ができない学習者には先行システム⁽²⁾(図1)で以下

のような学習支援を行っていた．

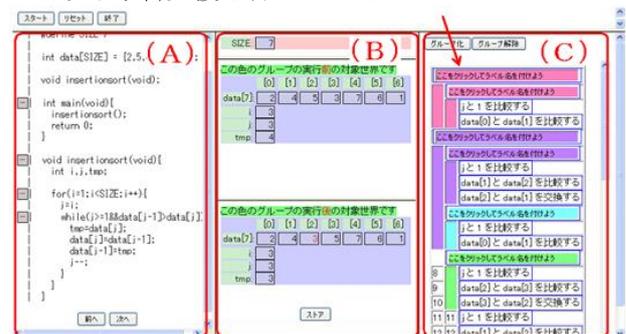


図1 先行システム⁽²⁾の概観

2.1.1 先行システム⁽²⁾の(L2)への学習支援

既に(L1)のレベルに至った学習者は，具体的データに対する操作系列は再現できる．この学習者が(L2)に至るためには，全体としてひとつの役割を担う操作群(グループ)を見出すことや，その役割を言語化(外化)することが必要である．

グループを見出すための支援として，世界に一定の意味を持つ変化を引き起こす操作グループを探させる．操作系列(図1(C))の各操作をクリックすると，その操作後の対象世界の状況が図1(B)の下半分に表示される．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見出したら，それらをグループ化する操作を行う．

グループ化された操作群の役割の外化を促すために，グループ上端にラベル入力欄(図1(C)矢印部)を生成し，そこに見出した役割を入力させる．

2.1.2 先行システム⁽²⁾の(L3)への学習支援

プログラムコード(図1(A))と操作系列(図1(C))の対応を，一方の要素を指定すると他方の対応する要

素が強調表示される機能を使って確認させる。

2.2 学習支援方法の拡張

2.2.1 学習者の誘導

上述のように先行システム⁽²⁾の評価予備実験において学習者を誘導する機能が必要であるという知見を得た。具体的には、注目すべき点を示唆したり、グループ化やラベル付けを適宜促す。この際、(L2)および(L3)に達する上で、多くの学習者がつまづく点に対しては特に誘導の方法を考慮する必要がある。これについては、2.2.2, 2.2.3 で述べる。

適切な誘導のためには、学習者の行うグループ化とラベル入力の手続きを判定する必要がある。グループ化については、プログラムコードからグループ構造を生成しこれをもとに判定する。ラベルについては、一般的には自然言語の意味理解に基づく判定が望ましいが、簡便のため、学習者にラベルを自由に記述させた後、用意した選択肢からそのラベルに最も類似した候補を選択させ、この正誤を判定する。

2.2.2 ループ中の手続きの抽象化

(L2)に達するまでに多くの学習者が困難に感じる点として、ループを構成する操作群を正しくグループ化し、その役割を理解することが挙げられる。このプロセスは、以下の2ステップからなる。

- (i) ループの各周に対応する操作群をグループ化し、それぞれがループの1周目、2周目、…、にあたることを認識する。
- (ii) 上述の1周目、2周目、…、はn周目に対する操作を順次行っているのものであると認識する。

そこで、学習者がこれらの段階を正しく学習できるように誘導手順を設計した。なお、(ii)は前提として、n周目に対するラベルを入力できる機能が新たに必要のため本研究で拡張した。

2.2.3 隠蔽された操作の表出

アルゴリズム学習の初期段階では、抽象度の高いモデルを用いた解説が行われる。そのレベルでは、制御変数の概念や要素の交換の具体的な実装方法などは隠蔽される。そこで、先行システム⁽²⁾の図1(C)の世界でもそのような操作を隠蔽していた。

これは(L1)(L2)のレベルの学習者には有効であるが、(L3)の段階ではソースコードと操作系列を1対1に対応させる支援が必要になる。そこで、(L3)に至らせるために、隠蔽された操作を表出し、それらの操作とプログラムコードとの対応を説明する。

3. 誘導機能の実現

3.1 誘導のための学習シナリオ

学習者のレベルに応じて適切な誘導をするために、以下のような標準的な学習シナリオを作成した。

- (1) 学習者が(L3)に達しているか判定する。具体的にはプログラムコードにラベルをつけさせその正誤を判定する。達していれば終了。
- (2) (L2)に達しているか判定する(2.2.1節参照)。
- (2-1) 達していない場合、(L2)に達するための学習

支援を開始する(2.1.1節の学習支援に2.2.2節の拡張を施したもの)。完了したら(2-2)へ。

- (2-2) 達している場合、(L3)に達する為の学習支援を開始する(2.1.2節の学習支援に2.2.3節の拡張を施したもの)。

3.2 (L2)の学習手順の拡張

2.2.2節で述べたループ中の手続きの抽象化支援の実現方法を示す。システムは、学習シナリオに従い1周目から3周目の操作群にラベルを付けるよう誘導する。その間学習者は、常にn周目のラベル付けを行うこともできる。n周目ラベルは、図2左の枠①のように1周目から3周目までのラベルの下に置かれる。3周目までを正しくラベル付けできれば、システムの方からn周目のラベル付けに誘導する。

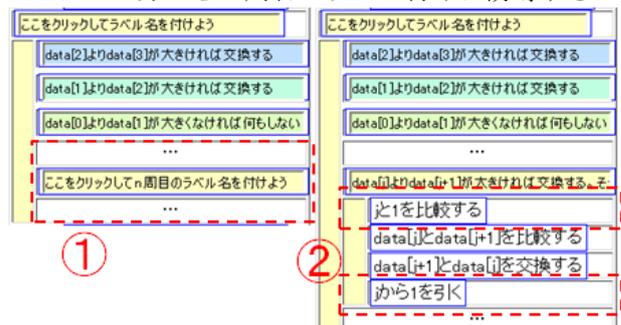


図2 n周目ラベルと展開されたn周目ラベル

3.3 (L3)の学習手順の拡張

(L3)の学習に入った段階で、操作系列とプログラムコードの対応関係を確認するように学習者を誘導する。その際、隠蔽された操作を表出する(図2右の枠②)とともに、その操作とプログラムコードとの対応の説明を表示する。その操作とそれに対応するプログラムコードの命令が強調されるので、それらと比較する事で対応を確認できる。これにより操作系列とプログラムコードの対応が理解可能になる。

4. むすび

本研究では、開発済みプログラミング・アルゴリズム学習環境に、学習者の典型的な行き詰まりを解消する機能と、学習者の理解度に基づいて誘導を行う機能を拡張した。今後は拡張したシステムの実験的評価を行いたいと考えている。

参考文献

- (1) 中原丈晴, 小西達裕, 小暮悟, 伊東幸宏: “GUIを用いた世界対象の操作に基づくアルゴリズム・プログラム学習環境の構築”, 教育システム情報学会研究報告 vol.24, no.3, pp.14-19 (2009)
- (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”, 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)
- (3) Harold Abelson, Gerald Jay Sussman, Julie Sussman, “Structure and interpretation of computer programs”, MIT Press, Cambridge, MA (1985)