

N-027

プログラミング技術の習得に有用な動きある図式の管理と再利用 Management and Reuse of Active Diagrams to Support Programming Training

田口 浩†
Hiroshi Taguchi

原田 史子‡
Fumiko Harada

島川 博光‡
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

高度情報化社会を支える技術者の不足が深刻化しており、大学には将来の情報技術者を育成するべく、質の高い情報教育の実施が求められている。これを受けて各大学の情報系学科では、低回生時よりプログラミング教育を行っているが、相当数の学習者がプログラミングを習得できないまま講座が終了していることは否めない。その原因の1つとして、1名の教員が少なくとも数十名の学習者を一度に指導しているため、個々の学習者の理解状況に応じたきめ細かな指導の実施が困難であることが挙げられる。このような教育現場の実情を踏まえると、先に習得した学習者たちの理解の要因を突き止め、それを他の学習者にも共有させることにより、自主的な理解を促すことが効果的であると考えられる。

本論文では、教員が種々のプログラミング技術を教授するさいにしばしば紙や計算機の画面上に描く、動きを伴う図式を記録しておき、他の学習者の理解支援のために再利用する手法を提案する。この手法では、個々の図式の内容や効果を捉えるために必要な情報も一緒に取得して管理するので、各プログラミング技術の習得に有用なものを取捨選択して再利用することができる。

2. プログラミング技術の習得を促す要因

2.1 プログラミング学習における理解の契機

大学などでのプログラミング教育は一般的に講義と演習が連動して進められる。学習者が講義で学んだプログラミング技術を理解し、演習において自ら実現できるようになるまでに要する時間は学習者ごと、技術ごとに異なる。一方、一度実現できれば、その後は容易に実現できる場合が多い。これは、理解を促すきっかけとなる事象が存在し、その事象に遭遇する時点や事象そのものが学習者ごとに異なるためであると考えられる。我々はそのような事象を理解の契機と呼んでおり、各回の講義で用いられるスライドの中から理解の契機となるスライドを抽出する手法を提案した [1]。当手法を大学での開講科目に適用した結果、行き詰まっている学習者の理解支援に有効な理解の契機を抽出できることが確認された。ゆえに、対象を講義スライド以外の教授媒体にも広げることによって、より効果的な理解支援の実現が期待される。

2.2 教授媒体として効果的な動きある図式

一般的な問題解決のためのデータ構造やアルゴリズムを実現するプログラムを作成するには、実現する処理の過程を理解したうえで、プログラミングの諸概念を組み合わせることによって実現法を導かなければならない。プログラミング初級者にとってそのような技能を習得することは、単一概念を習得することとは比較にならない

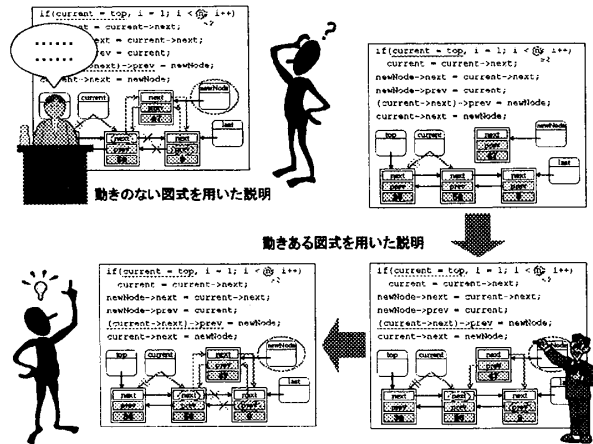


図 1: 動きある図式の効果

いほど困難である。それゆえ、教員は学習者にわかりやすく教授するために、処理の構成要素のひとつひとつを図式で示し、その動きをもって処理の過程を表現することが多い。本論文では、このような図式の動きによって視覚的に理解を深めさせる仕組みを動きある図式と呼ぶ。図 1 に示すように、動きある図式を用いた説明のほうが、処理の概要を示す 1 つの図式を用いてその過程を文章で説明するよりも学習者の理解をはるかに促進させやすい。

講義では、教員が講義スライドや例題ソースコードなどをディスプレイ上に提示しながら口頭で説明を行い、その補足説明を動きある図式としてディスプレイ上もしくは黒板上に示す。一方、演習では、学習者が教員や TA に適宜質問をし、それを受けて教員らは、紙の上や計算機の画面上に動きある図式を示しながら個別指導を行う。このようなその場での教授内容に含まれる動きある図式を、後に同一の動きをもって再生できるように記録しておき、それらの中から理解の契機を抽出できれば、他の学習者の理解支援に役立てられると推測される。

3. 動きある図式の再利用による理解支援

3.1 動きある図式の取得とデータベース化

講義中及び演習中に教員や TA によって与えられる動きある図式の中から理解の契機を抽出するためには、各々の動きある図式が示されたときの状況や与えられた後の学習者の状態を把握しておかなければならない。そこで、我々の提案する手法ではまず、教員らが動きある図式を用いて指導したさいに、その内容並びに効果を捉えるために必要な情報を取得してデータベース化する。

講義は、教員が Microsoft 社製 Office PowerPoint のようなソフトウェアを用いて、受講者に講義スライドを提示しながら口頭で説明する形式で進められることが多

†立命館大学大学院理工学研究科

‡立命館大学情報理工学部

い、本手法では、このような形式の講義を対象とし、教員が当ソフトウェアを起動させている計算機上で、全受講者に対する補足説明として動きある図式を示すことを想定する。一方、演習では、学習者から質問を受けた教員やTAが、当該学習者が使用している計算機上に動きある図式を示しながら個別指導を行うことを想定する。

動きある図式そのものは講義中か演習中かにかかわらず、計算機のデスクトップ画面上に自由に描画可能なツール [2] を用いて取得する。当ツールでは図式の描画過程を時系列データとして取得するとともに、そのときのデスクトップ画面の内容も画像ファイルとして記録する。これにより、その場で示された動きある図式を、後に同一の動きを持って再生することが可能となる。

各々の動きある図式がどの技術に対応するものであるかを明らかにするための情報として、講義では、教員が動きある図式を示したときに提示されていたスライドを特定する。演習では、質問した学習者がそのときに取り組んでいた演習課題の内容を特定する。また、動きある図式が与えられた直後の学習者の反応も取得する。講義では、「ガッテン」、「へえー」、「わかんねー」、「ちょっと待った」の4つのボタンを持つボタン端末 [3] を学習者に配布し、教員の説明に対して何らかの感想や意見を抱いた時点で随時、それに最も近い感情を表すボタンを押してもらい、押されたボタンの種類とその時刻を取得する。演習では、個別指導が終了した時点で当該学習者に指導内容の有用性について「わかった」、「わからなかった」のいずれかを選択してもらい、その結果を取得する。

動きある図式の効果は、それを与えられた後に学習者が解いた演習課題の評価結果によって求める。評価結果を詳細かつ明確に得るために、演習課題ごとに「ファイルを読み込み用にオープンする」といった具体的な評価観点をあらかじめ10~20個ずつ設けておく。教員はそれぞれの評価観点について「理解できている」か「理解できていない」かを判定することによって、学習者が演習課題の解答として作成したソースコードの評価を行う。

3.2 動きある図式とプログラミング技術の対応付け

理解の契機はプログラミング技術ごとに存在すると考えられる。よって、再利用にあたっては、個々の動きある図式に対応する技術を細かい粒度で同定する必要がある。そのため、スライドごと及び演習課題ごとに、そこに含まれるプログラミング技術をあらかじめ設定しておく。

データ構造やアルゴリズムを教える講義や演習では、そこで取り上げる各種データ構造やアルゴリズムの概念や扱い方といった視点で教授内容を区切り、その単位に基づいて講義スライドや演習課題が作成されることが多い。本論文ではこの単位を教授項目と呼ぶ。例えば、単方向リスト構造を取り上げた場合、そこで教える内容は「リストの作成」、「ノードの追加」、「ノードの削除」などの教授項目に分けられる。よって、各々のスライド及び演習課題には、1つもしくは複数の教授項目に対応付けることができる。また、個々のスライド及び演習課題に対して、その内容の実現に必要なプログラミング言語の諸概念も対応付けることが可能である。このときの単位を基礎技術要素と呼ぶ。ゆえに、図2に示すように、スライドごと及び演習課題ごとに、その内容に応じて教

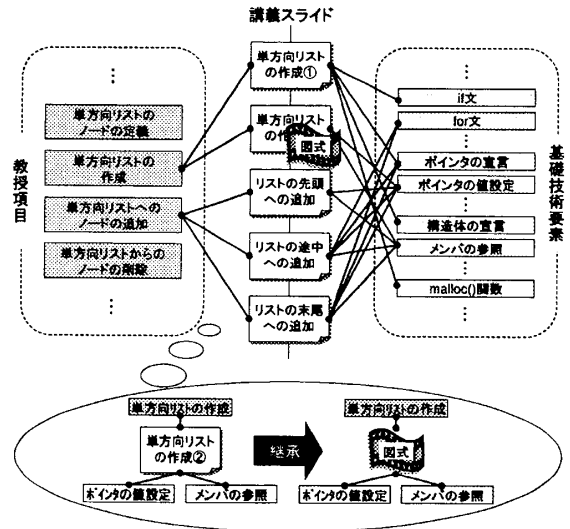


図2: プログラミング技術の対応付けと継承

授項目と基礎技術要素をそれぞれ対応付けられる。

本手法では、教材作成時に教員が各々に対応する教授項目と基礎技術要素を設定するものとする。そして、動きある図式に対応する教授項目と基礎技術要素は、その図式が示されたときに提示されていたスライド、もしくは、取り組んでいた演習課題に対応付けられているものを継承する。これにより、個々の動きある図式に対応する技術を細かい粒度で同定することができる。

3.3 理解の契機と思われる動きある図式の抽出

学習者が動きある図式を与えられた後に、それに対応した教授項目をプログラムとして実現できるようになれば、その動きある図式が理解の契機である可能性が高い。そこで、図3に示すように、動きある図式を与えられた学習者の反応や演習課題の評価結果に基づき、理解の契機と思われる動きある図式を抽出することを考える。

演習課題の中には複数の教授項目に対応するものもあるため、評価結果から教授項目ごとの理解状況を判断できるようにする必要がある。それゆえ、各演習課題の個々の評価観点にも、対応する教授項目または基礎技術要素をあらかじめ設定しておく。そして、講義中に示された動きある図式については、まず、学習者たちが講義後に解いた演習課題の評価結果を調べ、その図式と同じ教授項目に対応した評価観点の結果が「理解できている」である学習者を抜き出す。それらの学習者が、当該図式が与えられたさいに「ガッテン」や「へえー」といった肯定的な反応を示していれば、当該図式がその教授項目の理解に寄与した可能性が高いといえる。ゆえに、評価結果が良い学習者のうち、肯定的な反応を示した者の割合を求め、その値が特定の閾値以上であれば当該図式を理解の契機の候補とする。一方、演習中に示される動きある図式は、個別指導を受けていた通常1名の学習者のみに与えられる。よって、その学習者が取り組んでいた演習課題の評価結果の中で、当該図式と同じ教授項目に対応した評価観点の結果が「理解できている」であり、か

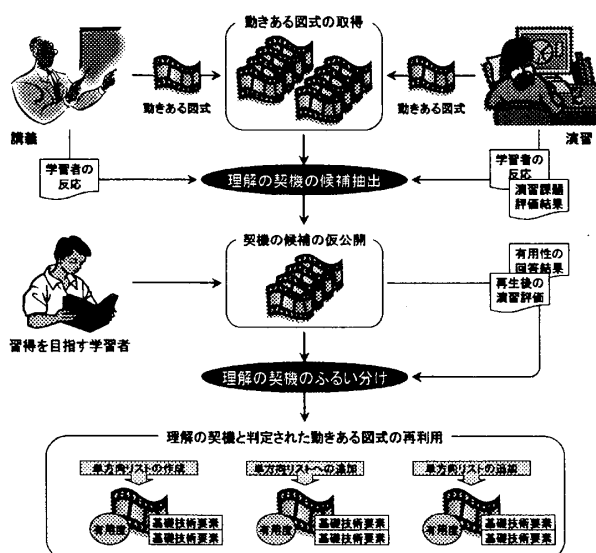


図3: 理解の契機となる動きある図式の再利用

つ、与えられたさいの反応が「わかった」である場合に、その動きある図式を理解の契機の候補とする。

3.4 再利用実績に応じたふり分けと提供情報の更改

特定のプログラミング技術を習得した学習者たちの実績データから理解の契機の候補として抽出された動きある図式は、これから同技術の習得を目指す学習者に対しても理解促進のきっかけになりうると推測される。それゆえ、それらの動きある図式を、他の学習者の理解を支援するために再利用する。

理解の契機の各候補の、他の学習者に対する有用性を測るために、それらを教授項目ごとに分類して、再生可能な状態で仮公開する。ある教授項目の理解を目指す学習者がそれらの中から任意で再生させるものとし、再生後にその動きある図式が「役に立った」か「役に立たなかった」かを選択式で回答してもらう。そして、仮公開されてから一定数の学習者が再生した時点で有用性の判定を行う。再生した学習者の中で、「役に立った」と回答しており、かつ、当該教授項目を実現できた者の割合である有用度を求める。有用度が特定の閾値以上である場合のみ、その動きある図式が一般的に理解の契機になると見なして公開を継続し、有用度も共に提示する。

さらに、動きある図式を再利用するさいに、理解を支援するうえでより有用な情報を付加して学習者に提示する。学習者がデータ構造やアルゴリズムの実現に行き詰まっているとき、それがプログラミング言語の諸概念を理解できていないことに起因する場合がある。このとき、学習者は動きある図式を用いて復習しても理解に達しないおそれが高い。そこで、そのような場合の更なる復習の糸口として、動きある図式に対応する基礎技術要素を共に提示することを考える。しかし、複数の基礎技術要素が対応付けられている動きある図式では、それらすべてがその内容を理解するうえで真に重要であるとは限らない。そのため、仮公開期間中の実績データに基づいて重要性の高い基礎技術要素を確定する。具体的には、同

じ動きある図式を再生した後にそれに対応する教授項目を実現できた学習者と実現できなかった学習者とで、当該図式と同じ基礎技術要素に対応する評価観点の結果を比較する。実現できた学習者は理解できているが、実現できなかった学習者は理解できていない基礎技術要素があれば、それが当該図式の内容を理解するうえで重要なポイントであるといえる。したがって、当該図式が理解の契機と判定された場合は、図3に示すように、理解を支援する情報としてそれらの基礎技術要素も一緒に提示する。これにより、その場での教授内容に含まれる動きある図式の中で理解の契機となるものを、他の学習者の理解支援のために効果的に再利用することができる。

4. 関連研究

これまでに、1つの学習内容に対してテキストや動画といった形態の異なる複数の教材を提供する学習環境 [4, 5] が提案されているが、教員らがその場で示した動きある図式を教材として再利用するものは見当たらない。また、これらの学習環境では、あらかじめ用意された複数の教材の中から学習者自身が適当なものを選択して学習しなければならない。しかし、データ構造やアルゴリズムといったプログラミング技術の理解に行き詰まっている学習者が自分に適した教材を見極めることは困難である。本手法では、同技術を既に理解できている学習者たちの実績データに基づき、理解を促す効果が高い動きある図式のみを選抜して提供する。

5. おわりに

本論文では、プログラミング技術の習得を目指す学習者を支援するために、教員やTAによって与えられる動きある図式の中から理解の契機となるものを抽出して、効果的に再利用する手法を提案した。

今後は、本手法を実際の教育現場に適用するための環境を構築し、有効性の検証を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] H. Taguchi, Y. Okui, Y. Shimada, and H. Shimakawa, "Finding out clues of understanding with learner's contexts in C-language programming," Proc. E-Learn 2006, pp.3040-3047, Oct. 2006.
- [2] 森昭憲, 石原俊, 田口浩, 原田史子, 島川博光, "個別指導時に教員から与えられる動きある図式の再生," FIT2007 講演論文集 第4分冊, Sept. 2007.
- [3] 奥井善也, 田口浩, 糸賀裕弥, 高田秀志, 島川博光, "双方向講義を促進する学生・教員間での理解度共有," DEWS2007 講演論文集, no.D9-07, Mar. 2007.
- [4] 中村学, 川口佳樹, 岩根典之, 大槻説乎, 松原行宏, "理解支援手法の複合化による効果的な理解支援に関する研究," 信学論 (D-I), vol.J88-D-I, no.1, pp.56-65, Jan. 2005.
- [5] C.C.W. Hulls, A.J. Neale, B.N. Komalo, V. Petrov, and D.J. Brush, "Interactive online tutorial assistance for a first programming course," IEEE Trans. Education, vol.48, no.4, pp.719-728, Nov. 2005.