

ボトムアップ型アプローチを用いたプログラミング学習手法の提案

Proposal of Method with Bottom-Up Approach for Learning on Programming

古池 謙人^{*1}, 東本 崇仁^{*1}
Kento KOIKE^{*1}, Takahito TOMOTO^{*2}

^{*1}東京工芸大学工学部

^{*1}Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

Email: c1418030@st.t-kougei.ac.jp

あらまし: プログラミング学習において、目的を細分化していき学習を行うトップダウン型学習は多く行われているものの、ステートメントから抽象化していき学習を行うボトムアップ型学習は少ない。加えて従来のボトムアップ型アプローチでは、上位の概念を構築しようとする大量の試行が必要となる。そこで本研究では、従来のボトムアップ型アプローチに詳細化された目的を加えることで、大量の試行を必要としないボトムアップ型学習を提案する。

キーワード: チャンキング, 構造的理解, トップダウン, ボトムアップ, 段階的な思考

1. はじめに

ヒトによる情報の認識は、知識を基に高次なレベルから低次なレベルへ情報を処理するトップダウン型情報処理と、入力刺激を基に低次なレベルから高次なレベルへ情報を処理するボトムアップ型情報処理の相互作用によって実現されていることが知られている⁽¹⁾。また、スキル学習においては、「AならばBをする」といった宣言的知識を大量に獲得した後、に手続き型知識が獲得された事例が報告されている⁽²⁾が、一方で宣言的知識を大量に獲得することなく、「車を運転する」などといった複雑な手続き型知識を獲得することが可能であることも報告されている⁽³⁾。しかし、プログラミング学習における学習手法の多くは、用途について思考できない状態でif文やfor文など細かな事例が提示されているか、もしくは目的に対して段階的に詳細化を行うトップダウン型学習を用いて行われていることが多い(図1)。このようなトップダウン型学習にみられる問題点として、詳細化を行なっていく先の項目そのものを知らないと、ブラックボックスを対象にして詳細化を行う必要があるということが挙げられる。このような問題点を避けるために、詳細化した先の末端の項目について学習する必要が生じる。その学習手法として、

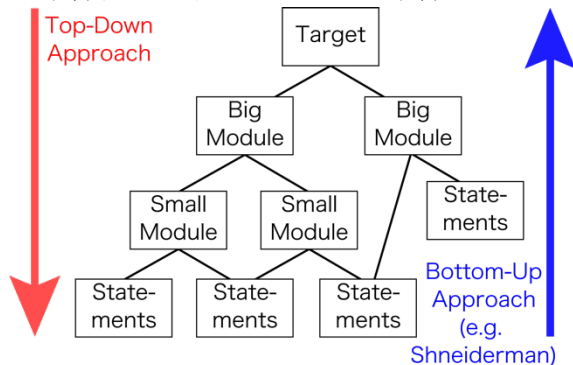


図1 トップダウン型アプローチとボトムアップ型アプローチによるプログラミングの学習モデル

末端の項目を組み合わせることで達成できる上位の項目を考えると、Shneidermanによるボトムアップ型学習の手法がある⁽⁴⁾(図1)。しかし、トップダウン型学習に見られる問題点と同様に、上位の概念を知らずに行くと上位の概念に辿り着くまで必要以上に多くの試行錯誤を繰り返すことが求められる。

そこで、著者らはこれらの問題点を解決するために、新たにプログラミング学習におけるボトムアップ型アプローチを提案する。

2. 提案手法

1章で述べたように、Shneidermanによる手法⁽⁴⁾を実際に行うためには、多くの試行錯誤を要する。そこで、著者らはこの手法に細分化された目的を加えることで必要以上に生ずる試行錯誤の低減を図り、最小単位ではトップダウン型アプローチとなるような手法を提案する(図2)。具体的には、まず小さなモジュールを作ることを中心に、ステートメントの組み合わせを学習者の課題とする。小さなモジュールが完成したら、その後に大きなモジュールを作るために小さなモジュールやステートメントの組み合わせを課題とする。このようにして、より上位のモジュールの構築、もしくは目的を達成するために学習者は課題の遂行を行う。こうすることで、トップダウン型アプローチに見られた詳細化した先で生じるブラックボックスを最小限に留めることもできると著者らは考える。著者らはこれまでに同様の手法を用いて、プログラミング学習の支援を行ってきた⁽⁵⁾。そこでは、既の実験で出題する範囲の学習者が講義にて修了している学習者に対して、ボトムアップ学習を行わせることで一定の学習効果を確認することができた。

しかし一方で、これまでの研究では、目的に対して一定の作業の組み合わせ、もしくは一定の作業を組み合わせることで達成できる目的がひとつと決めて考えてきたが、実際には目的を満たす作業の組み合わせ

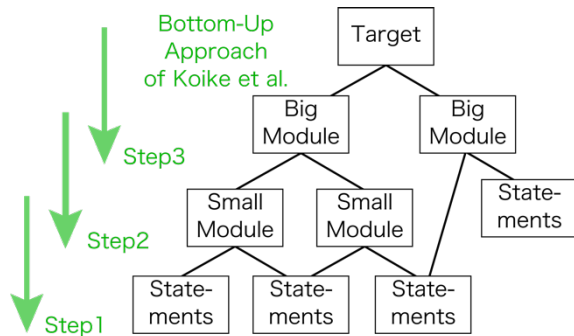


図2 提案するボトムアップ型アプローチを用いたプログラミングの学習モデル

は多様であり、同様に一定の作業を組み合わせて達成できる目的も複数存在するといえる。このような、一定のコードが持つ多様性や、一つの目的を満たす複数の手段というのは、通常の学習では気づきにくく、また、実際にこれらの多様性を理解することはプログラミング学習において一定の価値を持つのではないかと著者らは考える。そこで本研究では、提案手法を用いた学習を行うことで、プログラムの多様性を理解するのに効果がみられるのかを試験的に調査した。

3. 予備実験

被験者はプログラミングの講義で3年間プログラミングを学んだ大学4年生と修士1年生の計5名であり、for文、if文などの基本的な構文や、ソートなどのアルゴリズム、関数の学習については既修得のものである。被験者らには、2種類の課題を、事前、中間、事後に分けて提示した。事前と中間の間では、提案手法を用いた学習を行なってもらい、中間と事後の間では、提案手法を用いた学習に加えて、従来のトップダウンの学習を提示した。課題の内容は、問題ごとに仕様が記載され、その仕様に当てはまるコードをリストから選択するボトムアップの思考を要する課題（基礎課題5問、転移課題2問）がひとつ、もうひとつは、問題ごとに仕様が記載され、その仕様を満たすコードを自ら作成するトップダウンの思考を要する課題（基礎課題3問、転移課題3問）を提示した。具体的な課題は、紙面の都合上割愛させていただく。

予備実験の結果、ボトムアップの思考を要する課題については事前テストから中間テストにかけて基礎課題（計5点満点）の平均上昇値が2.44点、転移課題（計2点満点）の平均上昇値が0.86点と点数の伸びがみられたものの、中間テストから事後テストにかけては、基礎課題の平均上昇値が0.00点、転移課題の平均上昇値が-0.02点と点数の伸びがみられなかった。一方、トップダウンの思考を要する課題では、事前テストから中間テストにかけて課題（有効解答1つにつき1点）の合計平均上昇値が2.80点

と伸びており、中間テストから事後テストにかけても課題の合計平均上昇値が3.20点と伸びが確認できた。しかし、トップダウンの思考を要する課題では、同じ問題に対してできる限り複数種類の回答を用意するよう指示した結果、転移課題にたどり着いた被験者は1名のみだった。そのため、転移課題については今後検討が必要である。また、アンケートでは1回目の学習より、2回目の学習のほうが有効だと考える被験者が2名、どちらの学習も同程度だと考える被験者が3名確認された。

被験者数の少ない予備調査であるものの、ボトムアップの思考を要する課題では、1回目の「提案手法を用いたボトムアップ学習」について有効な傾向が示唆され、トップダウンの思考を要する課題では、1回目、2回目の学習ともに有効な傾向が示唆された。

4. まとめと今後の課題

本研究では、プログラミング学習において、目的を細分化していき学習を行うトップダウン型アプローチは多く行われているものの、ステートメントから抽象化していき学習を行うボトムアップ型アプローチは少ないことに着目した。また、従来のボトムアップ型アプローチでは、上位の概念を構築しようとする大量の試行が必要となるという問題点が生じる。そのため、本研究では、ボトムアップ型アプローチに詳細化された目的を加えることで、大量の試行を必要としないボトムアップ型アプローチの提案を行なった。予備調査では、被験者数が少なく効果を断定するには至らないものの、提案手法の効果と、また提案手法に加えてトップダウンの学習を行うことによる一定の学習効果が示唆された。しかし、特にトップダウンの思考を要する課題において、転移課題の解答に時間の都合などの問題でたどり着かない結果が多く見られた為、今後実験手法の再考が必要である。

今後の課題としては、本実験による詳細な調査に加えて、提案手法とトップダウン学習の組み合わせを促すためのシステムの開発が挙げられる。

参考文献

- (1) W. Kintsch, *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge university press, 1998.
- (2) R. Sun, T. Peterson, "Some experiments with a hybrid model for learning sequential decision making," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 111, no. 1-4, pp. 83-107, (1998).
- (3) R. Sun, E. Merrill, T. Peterson, "From implicit skills to explicit knowledge: A bottom-up model of skill learning," *Cogn. Sci.*, vol. 25, no. 2, pp. 203-244, (2001).
- (4) B. Shneiderman, R. Mayer, "Syntactic/semantic interactions in programmer behavior: A model and experimental results," *Int. J. Parallel Program.*, vol. 8, no. 3, pp. 219-238, (1979).
- (5) 古池謙人, 東本崇仁, "プログラムにおける構造的理理解のための部品の段階的拡張手法の提案とそのシステムの開発," 教育システム情報学会特集論文研究会研究報告=JSiSE Res. Rep., vol. 8, pp. 211-218, (2016).