

学習者のプログラム動作イメージと学習特性および習熟度に関する パターン分析

田中 昂文† 田崎 黎哉† 佐々木 芽亜†

玉川大学 工学部 ソフトウェアサイエンス学科†

1. はじめに

プログラミングは、意図した振る舞いを命令の組み合わせによって記述する活動である。初学者は単独の命令とその振る舞いを学習した後に、命令を組み合わせた複雑な処理の構築を学習する。しかしながら、単独の命令を理解していても、複雑な処理を構成することが難しい学習者が一定数存在する[1]。このような学習者は、命令の振る舞いについて明確かつ適切な視覚的理解（イメージ）がなく、そのため、それらを組み合わせてプログラム全体の処理を構築することが難しいと考えられる。特に、条件分岐、繰り返し、サブルーチンなど、プログラムの実行順序を変更するような命令を組み合わせたプログラムは、習得に苦勞する例が多い。

そこで、本研究では学習者が持つプログラムの振る舞いについてのイメージ、学習者自身の特性[3]、およびプログラミングの習熟度に対して相関ルール分析を適用し、学習改善に有用なパターンを抽出することを目的とする。

2. 関連研究

長谷川らは、学習者が持つプログラムの振る舞いに関するイメージについて調査した[1]。長谷川らは、プログラミングを学ぶ学生に対して、図1のような候補から自身が持つ制御構造のイメージを選択させるアンケート調査を実施した。このアンケート結果と学生の理解度の関係を調査し、より抽象的で明確なイメージを持つ学生の理解度が高い傾向があると述べている。

本研究では、制御構造に加え、初級プログラミングの重要な学習項目である配列とサブルーチンについてのイメージも調査する。

学習者の学習スタイルを分類する分析手法として、Index of Learning Styles が存在する[2]。

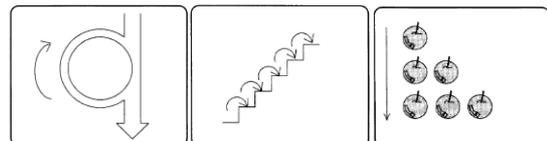


図1 ループのイメージ例[1]

この手法では、Active/Reflective, Sensing/Intuitive, Visual/Verbal, Sequential/Global という4つの軸によって学習スタイルの傾向を表現する。本研究では、学習スタイルの分析手法として本手法を用いる。

多様なデータの間の関連を抽出する手法として、相関ルール分析[3]がある。相関ルール分析は、条件部、結論部、支持度、信頼度、Lift 値によって構成される相関ルールを抽出する手法である。本研究では、パターン抽出に相関ルール分析を用いる。

3. データ収集とパターン分析

本節ではデータ収集とパターン分析の方法について述べる。

3.1 データ収集

本研究では、玉川大学工学部ソフトウェアサイエンス学科において Java を用いた初級プログラミングの授業を履修した1年生51名を対象とし、期末試験と同時期に、(1)プログラムの振る舞いについてのイメージを問うアンケート（イメージアンケート）、(2)学習スタイルアンケート[2]を実施した。また、理解度のデータとして期末試験の結果を使用することとした。

イメージアンケートは[1]と同様の図形から制御構造のイメージを選択する間に加え、配列のイメージを選択する間、メソッド呼び出しのイメージを選択する間を実施した。制御構造はif文、for文、while文、switch文を対象とし、[1]と同様の選択肢を提示した。配列については図2の選択肢を提示した。メソッドは、引数と戻り値の有無によって4種に分類し、それぞれに対して16枚のイメージ画像を選択肢として提示した。図3に例を示す。また、本研究では各文法項目につ

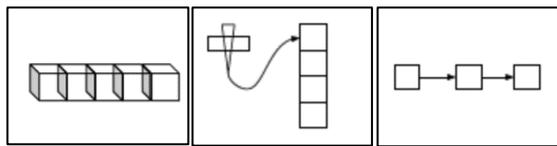


図2 配列のイメージ例

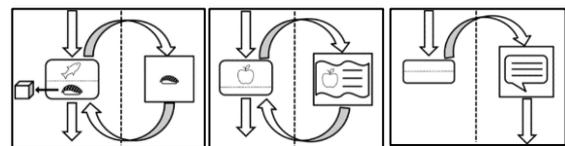


図3 メソッド呼び出しのイメージ例

表1 パターン分析の結果

No.	条件部	結論部	支持度	信頼度	Lift 値
1	if 文誤り, メソッド (引数あり, 戻り値あり) 誤り, Visual 傾向	Q2 誤り	0.23	0.86	1.41
2	for 文正解, メソッド (引数あり, 戻り値あり) 正解	Q3 正解	0.24	0.92	1.27
3	while 文誤り, メソッド (呼び出し元への戻り) 誤り, Visual 傾向, Q2 誤り	Q4 誤り	0.21	0.85	1.05
4	メソッド (呼び出し元への戻り) 誤り, Visual 傾向, Q3 正解	Q2 正解	0.22	0.52	1.34

いて正解の選択肢を定義し、分析に利用することとした。期末試験は問題文に従ってプログラムを実装する形式で、大問4問(Q1~Q4)から構成される。各問の内容は、Q1は基礎問題、Q2は様々なメソッド作成、Q3は制御構造の組み合わせ、Q4は難易度の高い応用問題であった。

3.2 パターン分析

イメージアンケートの回答については、それぞれの文法項目について正解を選択したか、頻度の高い選択肢上位3種のいずれかを選択したかに注目することとした。学習スタイルは、4つの軸それぞれについて、いずれかの傾向があるか、また、その傾向の強さが *weak*, *middle*, *strong*[2]のいずれであるかに注目することとした。期末試験結果については、各大問のスコアが80%以上であれば正解と判断することとした。

以上の方針に基づき、アンケート結果および試験結果からトランザクション表を作成し、相関ルール分析を実施した。分析環境としては、統計分析ソフト R 上で *Apriori* アルゴリズムを使用した。その後、得られた相関ルールから、lift 値および信頼度が高く、重要な結論を持つ相関ルール (パターン) を抽出した。

4. パターン分析の結果と考察

パターン分析の結果を表1に示す。パターン1より、視覚的な理解が得意な学習者が *if* 文とメソッドについて誤ったイメージを持っている場合、高い割合でメソッドに関する問題を解けないと言える。また、ルール2より、*for* 文とメソッドの正しいイメージを持っていると、制御構文の組み合わせを含む問題を解ける割合が高かったことがわかる。イメージと習熟度の関係については[1]と同様に関連があると考えられるが、メソッドのイメージについても同様の傾向がある

ことがわかった。ルール3のメソッドの誤りは、図3の右側のように処理が呼び出し元に戻らないイメージを選択したことを表している。この特徴に加えて他の制御構文にも理解不足がある学習者は、応用的な問題を解くことは難しいと言える。一方で、ルール4は興味深いパターンであり、ルール3のメソッド誤りと同様の特徴を持っていても、制御構文の理解が十分である場合はメソッドの基本問題を正解できると解釈することができる。このことから、表面的にはメソッド呼び出しについて理解できているように見えても、潜在的に誤ったイメージを持っている可能性があることが示唆された。

5. まとめ

本稿では、学習者のプログラム動作イメージ、学習傾向、習熟度に対して相関ルール分析を用いたパターン抽出を実施した。今後は様々なシステムから収集した学習ログを用いた分析を行っていく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20K19941 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 長谷川聡, 山住富也, “プログラミング教育と学習者のイメージ形成,” 名古屋文理短期大学紀要, 第22号, pp.9-14, 1997.
- [2] Richard M. Felder, and Joni Spurlin, “Applications, reliability, and validity of the Index of Learning Styles,” *International Journal of Engineering Education*, vol.21(1), pp.103-112, 2005.
- [3] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, and Vipin Kumar, *Introduction to Data Mining (What's New in Computer Science)*, Pearson, 2018.