

仮想ロボットプログラミングにおけるタスク実行戦略の類似性を 考慮した他者コード共有機能の予備的評価

Preliminary Evaluation of a Code Sharing Function Based on Similarities in Task Execution Strategies in Virtual Robot Programming

前田 新太郎^{*1}, 古池 謙人^{*2,3}, 東本 崇仁^{*3}
Shintaro MAEDA^{*1}, Kento KOIKE^{*2,3}, Takahito TOMOTO^{*3}

^{*1} 千葉工業大学大学院情報科学研究科

^{*1}Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

^{*2} 東京理科大学

^{*2}Tokyo University of Science

^{*3} 千葉工業大学

^{*3}Chiba Institute of Technology

Email: front4.shintaro@gmail.com

あらまし：近年のプログラミング教育では、Algorithmic Thinking の育成が重視されており、本研究ではゲーム型課題を実装した仮想ロボットプログラミングにおいて、他者コードを提示することで継続的な試行錯誤の促進を試みていた。しかし、従来の他者コードの提示方法は、提案したゲーム型課題のスコアに近い他者コードを提示していたため、アルゴリズムの異なる他者コードが共有される可能性があった。そこで本研究では、コード実行時の振舞いに基づく類似度を用いた新たな提示手法を開発し、類似度が高いコードを共有することが学習に有益であるかを予備実験により検証した。

キーワード：Algorithmic Thinking, 他者コードからの学び, タスク実行戦略

1. はじめに

近年のプログラミング教育では、問題解決過程の育成、特に Algorithmic Thinking (AT) が重視されている⁽¹⁾。AT を促すにはビジュアルプログラミングによる試行錯誤を通じた学習が知られており、知識構築の有効性が期待されている。ここでの試行錯誤とは手当たり次第の試みではなく、より望ましい振舞いを実現するためにアルゴリズムを継続的に修正する取り組みを指す。本研究ではこれまで、スコアの最大化を目的としたゲーム型プログラミング課題を設計し、正解が一つに定まらないオープンエンドなタスクを通じて、継続的な試行錯誤の促進を試みる仮想ロボットプログラミングを提案してきた。さらに、初学者が一人で試行錯誤を続けるには限界があるため他者コードからの学びに注目し、課題内で自身のスコアより少し高い他者コードを閲覧可能とする他者コード提示機能を提案していた。しかし、スコアのみを基準とした他者コードの提示では、学習者のアルゴリズムと乖離したコードが表示され、参照が学習につながりにくいケースも確認された。そこで本研究では、コードの振舞いに基づく類似度を用い、学習者のコードと近い他者コードを提示する新たな支援機能を開発し、その有効性を検証した。

2. 提案システムと戦略の類似性の考慮

本研究では、これまでにオープンエンドなゲーム型プログラミング課題として、仮想ロボットを用いた農作物収穫ゲームを開発してきた(図 1A)。学習者は仮想ロボットを操作して「畑に移動し、種を植

え、作物を収穫する」といったタスクに取り組み、「コストを抑えつつ多くの作物を収穫する」アルゴリズムの思考が求められる。作成したコードはスコア化され、ランキング機能を通じて自身と他者のランクを確認でき、スコアに基づき「自分より少し上位」の他者コードが提示される仕組みになっており、段階的な試行錯誤を支援してきた。

授業実践では、この機能によってスコアの有意な向上が確認された一方、行動ログ分析により他者コードの参照頻度や参照の質が学習成果に影響を与えることが示された⁽²⁾。特に限られた実行回数の中で高頻度に他者コードを参照し、小さな修正を積み重ねた学習者は高い成果を示した傾向が示唆されたが、自身と他者コードとの間に乖離がある場合、学習効果につながらない傾向もあった。このような結果から、単にスコアの近さに基づいた提示では学習者の思考過程との間にギャップが生じやすく、学習支援としては不十分であることが示唆される。本課題ではタスク実行の一連の手順、すなわち前進→種植→収穫といった行動を戦略と呼ぶことができ、同じスコアでも異なる戦略を持つコードが存在する。

そこで本研究では、実行時の振舞いに基づいた戦略の類似度を新たな指標として導入し、より「近い」の他者コードを提示する機能を開発した。具体的には、学習者のコードから得られる戦略を抽出し他者コードとの一致度を F 値で評価することで、戦略の近さを定量化する(図 1B)。この結果をランキング上に類似度を表示し、学習者が自身のアルゴリズムに近いコードを選んで参照できる環境を実現した。

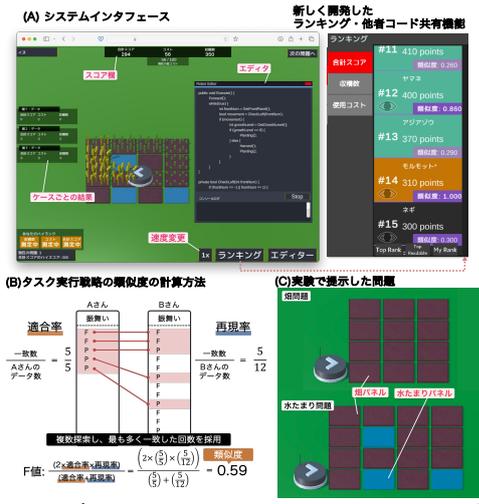


図1 提案したシステムインターフェースの例

3. 予備評価実験

3.1 概要

本研究では、提案手法の有効性を検証するため、プログラミング履修済みの大学生 10 名を対象に実験室環境で予備評価実験を実施した。参加者は、基本的な「畑問題」と水を回避行動が要求される「水問題」に取り組み (図 1:C)、各問題に対し制限時間内でスコア最大化を目指した。実験は、チュートリアル、事前・事後システム利用、システム利用学習を行った。本実験では、振舞いの類似度が高い他者コードを提示する類似戦略コード群 (A 群) と振舞いの類似度が低い他者コードを提示する非類似戦略コード群 (B 群) に分けた。A 群では、自身のランクより 5 位上の中から最も類似度の高いコード、B 群では、最も低いコードを提示した。参加者には、A 群では振舞いの類似度を説明し、B 群では「独自のアルゴリズムで選ばれた他者コード」と説明し、先入観を与えないよう配慮した。

3.2 学習効果の調査と他者コードの閲覧率の調査

本研究では、予備分析として、他者コードを閲覧した学習者が自身のコード記述にどのような影響を受けたかを調査した。具体的には、他者コードからの要素を自身のコードに「取り入れた」学習者の割合を取り入れ率と定義し、その比較を行った (表 1)。取り入れ率の評価には、コードの実行→他者コードの閲覧→コードの再実行という一連の行動ログを抽出し、その中で「取り入れ」が行われたかどうかを評価した。ここでの「取り入れ」とは、(1) 閲覧前の自身のコードと提示された他者コードとの構造的類似度が高く (0.0 以上 0.9 以下)、(2) 閲覧後の自身のコードが、閲覧した他者コードと構造的に類似し

表 1 取り入れ率の比較 (回数)

問題	群	取り入れあり	取り入れなし	取り入れ率
畑	A	9	10	47%
	B	0	3	0%
水	A	8	15	35%
	B	4	7	36%

ている (0.3 以上 0.9 以下) と定義した。ここでの構造的類似度は、各行のコードをトークン化した上でレーベンシュタイン距離に基づき計算されており、コードの「振舞い」ではなく、「構文構造」に着目して評価している。

表 2 に結果を示す。畑問題では、A 群の取り入れ率が 47%であったのに対し、B 群は 0%と差が見られた。これは、戦略的に近いコードが提示されることで、学習者が内容を理解しやすく、自身のコードへの反映が促進された可能性を示している。一方、水問題では、A 群 35%、B 群 36%と、両群でほぼ同程度の取り入れ率であった。この結果は提示されたコードの類似性が低い場合でも、学習者にとって自身のコードの修正に有益であった可能性がある。特に、現状の戦略に行き詰まりを感じた際は、戦略的に異なるコードが別解として示唆を与えた可能性がある。一方で、類似性の高いコードが提示されたことで、より理解しやすい形で自身のコードを修正するような試行錯誤につながったケースも考えられる。畑問題は図 1(C)のように水問題と比べるとシンプルであるため、既存の戦略の延長線上で試行錯誤できる余地が大きいと考えられる。したがって、自身のアルゴリズムに近い他者コードを閲覧することで、どこをどのように修正すれば良いかが明確になった可能性がある。

しかし、本予備評価実験は参加者数が少数 (N=10) であり、得られた傾向に対する統計的な一般化には限りがある。今後は、開発したシステムの実践的な評価や学習者が記述したコード自体の変化を調査する必要もあると考える。

4. おわりに

本研究では、振舞いの類似性に基づく他者コードの共有が学習に与える影響を検証した。畑問題では類似戦略コード群において取り入れ率が高く、提示されたコードの類似性が学習者の試行錯誤を促した可能性が示唆された。一方、水問題では取り入れ率に大きな差は見られず、課題の特性や学習者の状況によって効果が異なる可能性がある。今後は、より大規模な実験により、取り入れ率と学習効果の関係を明らかにすることがあげられる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP25K21362 の助成による。

参考文献

- (1) Lockwood, E., & Asay, A.: “Algorithmic thinking: An initial characterization of computational thinking in mathematics”, Proceedings of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, (2016)
- (2) Maeda, S., Koike, K., & Tomoto, T.: “Learning from others’ codes in game-based robot programming: Behavioral patterns and outcomes”, Manuscript under review (2025)