

# 授業進度に対応するパズルを利用した プログラミング思考過程の分析と教育支援システムの開発

中村 陽太<sup>†</sup> 大場 みち子<sup>†</sup> 山口 琢<sup>‡</sup> 伊藤 恵<sup>†</sup>  
公立はこだて未来大学 システム情報科学部<sup>†</sup> フリー<sup>‡</sup>

## 1. 背景と目的

2020年現在、理系大学のみならず文系大学でもプログラミング教育が盛んに実施されている。大学などにおけるプログラミング授業では、対面授業とe-learningを併用したブレンド型学習が使われるようになってきている[1]。授業は多数のプログラミング学習者（以下学習者）に対し、指導者は少数で構成されていることが多く、個々の学習者を適切に指導することは困難である[2]。一般的に授業では全ての学習者に同一の演習課題が課されており、個々の学習者の理解に合わせて指導されているとはいえない。

プログラミング授業における評価では、完成したプログラムのようなアウトプットのみを評価する方法が用いられている。一方、アルゴリズムを学ぶための教育支援システムや、予め用意された自動採点プログラムによって学習者が作成したプログラムを採点するシステムがある[3][4]。この方法では学習者を一定の基準で評価できるが、個々の学習者が正解に至るまでの過程が不明なため、学習者がつまづいている箇所の特長が難しい。そこで、学習者を適切に指導するために問題点を発見し改善する教育が必要である。問題点の発見とアドバイスの提示をシステムで実現できれば、より適切な指導ができるようになるであろう。

本研究では、プログラミング教育において個々の学習者への適切な指導を可能にすることを目的とする。目的を達成するために、学習者のプログラミング思考過程の傾向を分析すること、傾向分析に基づいて、学習者の思考過程の傾向やアドバイスを提示する教育支援システムを開発することを目標とする。

## 2. 関連研究と課題

プログラミング過程を動画や画像で記録して把握した研究がある。伊藤らの研究では、動画撮影によってプログラミング行動を記録し、学習者にプログラミング中の動画を見せることで学びが相応に得られる可能性があることが示された[5]。藤原らの研究では、プログラミング演習時に画面のスナップショットを収集して残作業量を算出し、行き詰まり箇所を提示するだけで原因の判断が可能であることが示された[6]。しかし、動画や画像ではデータ量が膨大であり分析に時間が掛かるため、比較や分析が困難である。

川北らの当研究室での先行研究では、上記の課題を解決するジグソー・コード[7]を利用してジグソー・コード問題5問を被験者に出題し、正解者と不正解者の傾向について分析した[8]。しかし、先行研究の実験問題では出題意図が不明確であり、解答者のプログラミング学習との関係性が不明という課題がある。

## 3. 解決アプローチ

先行研究の課題を解決するため、プログラミング授業の進度に合わせて作問し、授業範囲の復習として出題する。プログラミング授業の進度に合わせて出題することで、理解が不十分な項目を把握できる。実験では、ジグソー・コードおよびジグソー・コード2[9]を用いて操作を記録・測定し、操作ログから思考過程を分析する。図1はジグソー・コード2の画面例である。これらのツールはプログラム・コードをランダムに並べ替えるジグソー・パズルであり、並べ替える過程を操作ログとして記録している。ジグソー・コード2では並べ替え対象に必要な行/不要な行を含んでおり、必要な行を選択しジグソー・コードと同様に並べ替える。ジグソー・コード2は、並べ替えの過程を見るためだけでなく、必要な行を正しく選択できたかを確認するためにも用いる。

Analysis of Programming Thinking Process Using Puzzle  
Corresponding to Class Progress and Development of An  
Education Support System

<sup>†</sup>Yota Nakamura <sup>†</sup>Michiko Oba <sup>‡</sup>Taku Yamaguchi <sup>†</sup>Kei Ito  
<sup>†</sup>School of System Information Science, Future University  
Hakodate

<sup>‡</sup>Independent Researcher



図 1. ジグソー・コード 2 の画面例

#### 4. 実験

プログラミング思考過程の傾向を把握するために実験を実施した。実験対象者は、公立はこだて未来大学の学部 2 年生対象授業「情報処理演習 I」を履修している学生のうち、情報提供の同意が得られた 48 名である。実験は以下の手順で実施した。

- (1) 概要説明：初回の実験前に、実験の概要やジグソー・コードの操作方法を説明
- (2) 実験問題の解答：用意した実験問題 3 問を、各回の授業後に解答
- (3) 解答解説の提示：解答後に実験問題 3 問に対応した解答解説を提示
- (4) アンケートの回答：解答解説についてのアンケート 2 問に回答

実験の結果、以下の傾向が見られた。

- ① 最初に操作した行から、構文や定型文に着目する傾向が見られた。if 文や for 文などの構文、関数や変数、return 文などの定型文といったプログラムの構造に沿った思考の傾向が多く見られた。例として、if 文の if 節から順に完成させる傾向や、関数の宣言文から完成させる傾向が見られた。
- ② プログラム構造を考えない並び替えを実施しているケースが散見された。これは、勘違いや知識不足が原因として考えられる。
- ③ 関数やクラスを完成させる問題では、return 文や変数の位置を正しく配置できているパターンが多かった。これは内部の処理の内容に関わらず、変数や関数の記法を理解しているためと考えられる。
- ④ 単純でわかりやすい if 文などの構文で構成される問題では、正解率が高い傾向にあった。しかし、授業に対応した範囲の教科書に載っている構文の中でも、授業の演習問題で

出題されなかった switch 文では正解率が下がったため、対応範囲内でも出題されなかった構文は理解度が低いと考えられる。

- ⑤ 処理に使われる変数が宣言されていない状態のプログラムで完成としているパターンが散見された。これは条件式を理解せずに if 文や for 文というだけで移動したか、あるいは確認不足と考えられる。

#### 5. 教育支援システム

教育支援システムは、ジグソー・コード問題の解答解説やアドバイス、学習者の思考過程の傾向を提示する。ジグソー・コードをシステム内に埋め込み、学習者の解答中に操作ログを取得する。学習者が解答し終えた時点で操作ログを分析し、学習者に解答解説とアドバイスを提示する。指導者には、学習者の傾向とアドバイスを提示する。教育支援システムは Web システムとして実装する。実装後には、実際の学習者や指導者を対象として実験し、アンケート等を用いて支援システムの有用性を評価する。

#### 6. まとめ

本研究では、プログラミング教育において個々の学習者への適切な指導を可能にすることを目的とした。目的を達成するために、学習者のプログラミング思考過程の傾向を分析し、構文や構造、関数から着目する傾向などを明らかにした。今後は教育支援システムを実装し、実際の学習者を対象とした実験と評価を目指す。

#### 参考文献

- [1] 中尾茂子, 安達一寿, 北原俊一, 新行内康慈: ブレンディッドラーニングによるプログラミング学習の実践と評価, 日本教育情報学会会誌, Vol. 22, No. 3, pp. 47-56 (2007)
- [2] 田口浩, 糸賀裕弥, 毛利公一, 山本哲男, 島川博光: 個々の学習者の理解状況と学習意欲に合わせたプログラミング教育支援, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No.2, pp.958-968 (2007)
- [3] 新開純子, 宮地功: ブレンド型授業によるプログラミング教育の効果, 教育システム情報学会誌, Vol. 28, No. 2, pp. 151-162, 2011
- [4] 伊藤恵, 美馬義亮, 大西昭夫: コース管理システムと授業固有の課題チェック機能の Web サービスによる連携, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 12, pp. 3121-3134, 2011
- [5] 伊藤恵, 杉本謙史, 大場みち子, 下郡啓夫: 動画を用いたプログラミング自学自習の試み, 研究報告コンピュータと教育(CE), Vol.2015, No.20, pp.1-6, 2015
- [6] 藤原賢二, 下村恭平, 井垣宏, 吉田則裕, 伏田亨平, 玉田春昭, 楠本真二, 飯田元: スナップショットを用いたプログラミング演習における行き詰まり箇所の特定, コンピュータソフトウェア, Vol.35, No.1, pp.13-113, 2018
- [7] 山口琢, 伊藤恵, 大場みち子: プログラミング・パズルの測定と分析, 研究報告ドキュメントコミュニケーション(DC), Vol. 2018-DC-111, No. 2, pp. 1-6, 2018
- [8] 川北紘正, 大場みち子, 山口琢: プログラミング思考過程に基づくプログラミング時の行動分析と傾向, 第 81 回全国大会講演論文集, Vol. 2019, No. 1, pp. 521-522, 2019
- [9] 中村陽太, 大場みち子, 山口琢, 伊藤恵: 授業進度に対応するパズルを利用したプログラミング思考過程の分析, 研究報告コンピュータと教育(CE), Vol. 2019-CE-151, No. 1, pp. 1-9, 2019