

プログラミング初学者を対象とした人的リソース低減型個別化教授システム (PSI 方式) の設計と評価

Design and Evaluation of a Personalized System of Instruction (PSI) for Programming Beginners that Reduces Human Resources

小倉直樹^{*1}

Naoki OGURA^{*1}

^{*1}熊本大学社会文化科学教育部 博士前期課程 教授システム学専攻

^{*1}Kumamoto University

Email: nogura@go.gsis.kumamoto-u.ac.jp

あらまし:本研究では、オンライン環境下のプログラミング初学者が最小限の人的支援で、基本的なプログラムの実装を独力で出来るレベルに到達するための教授設計モデルを提案する。ケラーの提唱した個別化教授システム (PSI) を現代的に再構築し、生成AIによる伴走、および学習者間相互作用を組み合わせることで、プロクターを介さない形式での完全習得学習を実現する手法を検証する。

キーワード:プログラミング教育、個別化教授システム (PSI)、生成AI、学習者間相互作用、インストラクショナルデザイン

1. はじめに

近年、プログラミング学習の対象は理系学生から文系学生へと拡大している。文部科学省「学校基本調査(令和7年度)」によれば、情報処理・通信技術者の就職者に占める人文・社会科学系統出身者の割合は47.0%に達しており、その傾向は顕著である。生成AIの普及に伴い学習不要論も散見されるが、AIが出力したコードの精査や、業務要件の構造化、および仕様の言語化を遂行する上で、プログラミングの基礎概念は依然として不可欠な素養である。こうした学習需要の増加に伴い、時間や場所の制約がないオンライン学習の活用が進んでいる。しかし、オンラインでの自学自習は、対面指導のような即時的なフィードバックが得られにくく、不明点での停滞やモチベーションの低下といった特有の困難性を抱えている。加えて、教育現場の指導リソースは限られており、増大する学習者に対し、熟練した指導者による個別支援を維持することは困難である。この課題に対し、本研究では個別化教授システム (PSI) の要素である「自己ペース学習」と「完全習得主義」を軸とし、人的なプロクターの役割をテクノロジーとコミュニティで代替・拡張することで、オンライン環境の初学者が独力で習得を完遂できる教授設計モデルを提示する。

2. 研究課題

本研究のメイン・リサーチクエスチョン (RQ) は、「オンライン環境の初学者が、個別指導を受けることなく自学自習かつ各自のペースでPythonによる標準入出力とデータ制御スキルを獲得するために、人的リソースを多く必要としない教授設計はどのようなものか?」である。これを具体化するため、以下のサブRQを設定する:

- 1) 人的な採点・フィードバックを自動化・代替したPSIモデルは、基礎概念の習得スピードと達成度にとどのような影響を与えるか。
- 2) 人的プロクターの代替として、学習者同士の相互作用や生成AIによるファシリテーションを機能させるための具体的な介入は何か。
- 3) 個別のつまづきを解消するための、生成AI学習方略の教示と生成AIの活用は、学習継続性における自己効力感や基礎スキルの習得度にとどのような影響を及ぼすか

3. 教授設計 (統合設計)

本研究では、瀬田ら(2021)の提唱する「Yモデル」に基づき、学習目標・学習者像・教材・教授戦略を以下の通り統合設計する(図1)。本研究の対象とする学習環境は、学校教育や企業研修のような強制力を伴うものではなく、学習者の自発的な意志に基づくノンフォーマルなオンライン学習を対象とする。

3.1 学習者像

IT業界への就職や転職をぼんやりとイメージしており、プログラミングスキルを身につけたいと思っている文系学生および20代の社会人を想定している。自分で本を買ったり有料のオンラインサービスで学習していないか、そのように試みたが学習を継続できていない。

3.2 学習目標

学習目標は「Pythonで標準入力から得たデータを適切な型に整形し、文字列操作・ループ・条件分岐を組み合わせて仕様通りに加工でき、求められた形式で出力できる実装スキル」とする。これは、paizaのCランク問題を解けるスキルに相当し、生成AIを使うなどして、自走して学習できる基礎的な知識が身につけている状態と言える。

3.3 学習目標を達成するうえで学習者にとっての困難性

- a学習意欲を継続することができない
- bわからないことを解消できない
- cコードを書いてエラー内容により改善していく学習機会がない
- d学習計画・到達目標を設計できない

3.4 真正な学習環境の制約に起因する学習目標達成の困難性

- a意欲・時間・環境のすべてが学習者個人の自己規律に委ねられている点
- b職場や学校のような、学習を習慣化させるための外圧的な仕組みがない

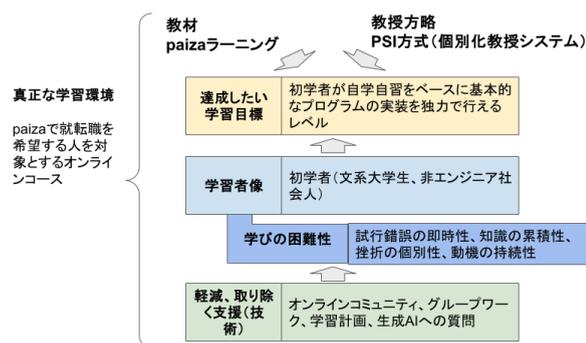
3.5 統合設計

3.3、3.4で示した困難性があるため、eラーニング等の独習教材だけでは学習目標の達成が難しいケースが多い。PSI方式はプログラミング領域における学習効果は認められているものの、十分なプロクターを配置することが

難しいケースが多い。そこで本研究では、プロクターを十分に配置せずとも、以下に示す新しい教授戦略・教材を用いることによって困難性を軽減し、学習目標への効果を検証する。

- ・新しい支援法、教授戦略が学習目標の達成に効果的か【支援設計・教授戦略設計】
 - PSI方式によるオンラインコースの設計(週1回の勉強会、学習期間の設定、標準学習計画)は学習目標の達成に有効か(3.3a, 3.3d, 3.4a, 3.4bの軽減策として有効か)
 - オンラインコミュニティや同期型のグループワークで学習進捗や学習方略について、自身の思考の外化と他者のモデリングを行うことは学習目標の達成に有効か(3.3a, 3.3b, 3.3d, 3.4a, 3.4bの軽減策として有効か)
- ・開発した/使用した教材(その特性)が学習目標の達成に効果的か?【教材設計】
 - paizaラーニングをPSI方式の主教材にすることは学習目標の達成に有効か(3.3a, 3.3c, 3.4bの軽減策として有効か?)
 - 生成AIでの自立的な学び方を学ぶ教材は学習目標の達成に有効か? (3.3a, 3.3b, 3.3c)の軽減策として有効か)

(図1)Yモデルに基づく研究デザイン



4. 実践方法

本研究では、学生・社会人を対象として希望者を募るオンラインコースを新たに設置し、人的支援が限定的な環境でも自己調整学習を促進できる学習モデルを構築し、その有効性を検証する。

4.1 使用教材

主教材として「paizaラーニング」を活用する。これは、短時間の動画と演習問題、自動採点機能を備えており、PSIの「自己ペース」と「即時フィードバック」を支える独習教材として適している。通過テストは各チャプターの理解度を測定し、100点を合格基準とすることで、基礎知識の完全習得を担保する設計とする。

4.2 教授方略

個人化教授システム(PSI)方式を採用し、学習者が自身の進度に合わせて学習を進める。目標レベルに応じた3段階の標準学習スケジュールを提示し、第1回セッションで個別の学習計画を立案させることで、目標設定と予見を支援する。

4.3 オンラインコース設計

本プログラムは、10週間にわたる週1回90分のオンライン同期型セッションと、非同期の自習を組み合わせたブレンディッド・ラーニング形式で構成される。LMSには

SlackおよびGoogleフォーム、Zoomを活用し、進捗管理とコミュニケーションの円滑化を図る。同期型セッションは、動機付けのための講義(10分)と自習時間(60分)とグループワーク(15分)で構成される。また、カリキュラムは学習目標の達成のためにpaizaラーニングの「新Python入門編」を軸に各種問題メニューを組み合わせて、約120の動画、約300問の演習問題で構成する。

4.4 コミュニティ・グループワーク

同期型セッション内に15分間のグループワークを配置する。設計の理論的基盤として「認知的徒弟制」および「パリッシュの学習経験要因モデル」を援用し、思考の外化、他者との情報交換、学習ペースの相互参照を行う。これにより、eラーニングに欠如しがちな直接性や共鳴性を補完し、学習動機の維持と自己調整、仲間意識の形成を企図している。日本能率協会コンサルティング(JMAC)が開発したYWT(やったこと・わかったこと・次にやること)の振り返りフレームワークを活用する。

4.5 学習パートナーとしての生成AIの活用

初学者向けのプログラミング学習における効果的なプロンプトエンジニアリングについての教材を作成し、AIを単なる解答ツールではなく、対話的な学習パートナーとして活用させる。なお、プロンプトと回答履歴は導入予定の生成AI活用WEBアプリにて収集し、学習プロセスの事後分析および評価のリサーチデータとして活用する。

5. データ分析の手順

提案モデルの効果を検証するため、以下のデータを収集し分析する:

習得度分析: カリキュラムの完了率、完了までの所要時間、およびランク到達率を測定する。

相互作用の分析: Slackの発言数や勉強会でのグループワークの様子を記述的に分析し、学習意欲の維持への寄与度を調査する。

生成AI活用ログ: 独自開発したWebアプリ経由でのプロンプト履歴とAIの回答を記録し、実装スキルの向上や自己効力感の変化をアンケートとインタビューで多角的に評価する。

6. 期待される成果

本研究により、人的リソースを抑えつつ高い習得率を実現するPSI教授設計モデルが確立されれば、大学での多人数教育や企業での新人研修における学習基盤として広く応用が可能になる。

参考文献

- (1) 向後千春, “個別化教授システム(PSI)の大学授業への適用”, コンピュータ&エデュケーション, 7, pp.117-122 (1999)
- (2) 阿部健太, 戸田真志: “データサイエンス基礎科目にPSIの要素を導入した実践事例”, JSET 2025年春季全国大会 講演論文集 (2025)
- (3) 瀬田和久, 桑原千幸, 仲林 清: “採録される論文の書き方—誌上チュートリアル—”, 教育システム情報学会誌, Vol. 38, No. 2, pp. 82-93 (2021)