

# コーディング未経験者のための ゲーム開発によるプログラミング学習支援システムの開発 Development of Programming Learning Support System by Game Development for Coding Inexperienced Learners

岩本 朋也<sup>†</sup>, 大下 昌紀, 松本 慎平<sup>†</sup>  
Tomoya Iwamoto<sup>†</sup>, Masanori Ohshita<sup>†</sup>, Shimpei Matsumoto<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 広島工業大学大学院工学系研究科

## 1 はじめに

日本ではプログラミングの様々な教育方法が積極的に共有されている [1]. これらに共通していることとして、プログラミング学習は求められる学習要素が多岐に渡るため、学習者にとって少しでも学びやすい教材を提供することが重要とされている点である. この点については、学習意欲を高められるような工夫、例えば、処理過程の可視化 [2] や娯楽要素の導入 [3][4] などは、教材の学びやすさを向上させるための重要な要素として位置付けられている [5]. 学習意欲に関する研究として、プログラミング学習において、ゲーム開発を題材とした学習は学習者の意欲促進に繋がるといった報告 [6] がある.

ゲーム開発の有用性を踏まえ、先行研究 [7] ではゲーム開発を学習課題としたプログラミング学習支援システムを提案した. ここでは学習課題の問題文で示される要件提示を自然言語文の代わりに模範画面提示で行い、その学習効果と学習の容易性を明らかにした. 先行研究では、ある程度のプログラミング経験を有した被験者を対象者としていたため、その有用性は限定的であると考えられる. 学びやすさという利点を十分に活かすのならば、よりプログラミング経験の浅い学習者を被験者とするのが有効であると考えられる. ただしその場合、プログラミング経験の浅い学習者は同時にコンピュータ操作経験も十分ではない可能性が高いため、先行研究の中で行われた主観評価で明らかとなった“システムの操作性”の低さを改善する必要があると考えられる. この点について、関連する要素を単一画面内に近接させることで学びやすい教材を構築可能であることが明らかとされている [9]. そこで本研究では、コーディング未経験者に適した UI を検討し、ゲーム開発によるプログラミング学習支援システムを新たに開発することを目的とする. 単一画面のみで学習を完結させられるように UI を設計するとともに、それを実現するための内部システムを新たに設計・開発する. 加えて学びやすさを追求するため、開発するゲームを機能ごとに分けて学習を進められる段階学習方式 [10] に基づいて教材を開発する. 被験者実験を行い従来法と学習効果を比較した結果、提案法はプログラミング未経験者であっても先行研究と同様の学習

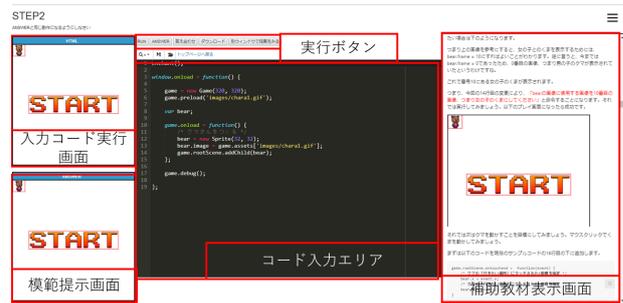


図 1: 提案システムのインターフェース



図 2: 先行研究システム [7] のインターフェース

課題で同程度の学習効果を有することが示唆された. 加えて、提案システムは主観評価によって先行研究より高い評価を得ていた.

## 2 提案システム

本研究は、コード記述によるプログラミング未経験者に焦点を当て、プログラミング学習により専念できるよう単一画面のみで学習を完結させることが可能な UI を有する学習支援システムを新たに開発する. 提案システムでは、学習者が自学でプログラミングの学習を行えるようにすることが重要となる. そこで、自学自習であっても、学習者は Web ブラウザさえあれば環境設定の必要なくプログラムをすぐにコーディングでき、学習に取り組める機能を実装した.

### 2.1 学習方式

図 1 に提案システムの UI を示す. 提案システムは、主に学習者の目標となる模範画面の提示領域、ゲーム

として開発するプログラムの入力領域、入力されたプログラムをもとに実行結果をゲームとして出力するための領域の3つから構成されている。先行研究のUI(図2参照)と比較し、3つの領域はひとつの画面に同時に表示できるようになっている。また、システムは不要な余白の削除等学習者に機能の位置がすぐにわかるような工夫も追加されている。学習者に事前に提示されるプログラムは初期状態でシンタックスエラーは存在しないため動作可能である。しかし、最初に学習者に提示されるソースコードで実行可能なゲーム画面だけでは十分な機能を備えていないため動作は不完全である。このことは模範画面と比較すれば一目で確認できる。この不完全な初期状態から、学習者はコード入力エリアのプログラムコードを編集し、模範画面で提示された動作例と同等の機能を持ったゲームを開発することが学習目標となる。なお、学習者には問題文を提示せずに模範となる動作例のみを手掛かりに課題解決に取り組む。この学習方式は先行研究によって提示されたものであり[7][8]、インタラクティブ性が重視されるGUIベースのソフトウェア、とりわけゲーム開発などに有効な方法であることが示唆されている。学習者は、ソースコードを編集した後、提案システムに用意されている実行ボタン(図1参照)を押すだけでゲームを作成することができる。すなわち、提案システムは学習者の作成したソースコードの処理結果を画面に直ぐに反映できる。学習者は、回答画面と模範画面を比較し、それが模範画面と同様の機能を持つかどうかを確認する。模範画面と学習者の回答が異なっている場合、ソースコードを再び編集する。なお、シンタックスエラーが発生していた場合、システムは赤文字でエラーが発生した行をフィードバックを返す。模範画面と学習者の解答が一致していた場合は正解と判断される。提案システム内部では正解のソースコードと学習者の回答との文字列を比較して正誤判定を行うことができる。学習者のソースコードが正解のものと同じ模範画面と同様のゲーム画面を作成できたとき、ひとつの学習は完了となる。

## 2.2 実装の詳細

提案システムの実装環境は以下に示す通りであり、汎用計算機で動作させることができる。

- 基本言語: php 7.0.30
- OS: Ubuntu 18.04
- Web サーバソフトウェア: Apache 2.4.29
- データベース管理システム: MySQL 5.7.26
- JavaScript ライブラリ: jQuery 3.3.1, enchant.js

システムはWebブラウザのみで学習を完結させるため、PHPを使用してシステムを開発した。学習課題で対象となるプログラミング言語はJavaScriptである。また、ゲーム開発フレームワークであるenchant.jsを使用した。enchant.jsを用いた学習はhtmlをベースとしたゲーム開発を効率的に行え、また、オブジェクト間の相互作用や画面構成などといったゲーム開発にお

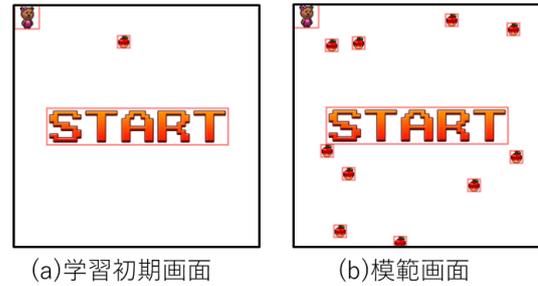


図 3: 問題例

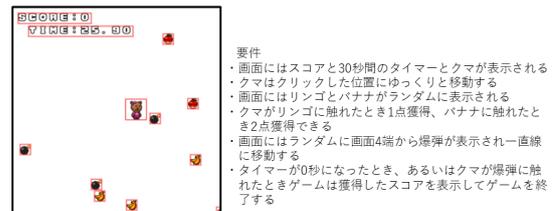


図 4: ゲームの完成図

いて本質的な作業に専念できるため、学習に適しているといわれている[11]。なお、本研究では、学習者では図1の右側のようにenchant.js自体の学習を行えるような教材を整備した。提案システムの特徴は、同一の画面で教材の確認からコードの実行まですべての学習が行えることである。なお、提案システムは、学習者のコードの記述状況を学習者ごとに学習ログとして全てデータベースに保存できる。保存するログは、ソースコードが送信されたタイミングで、学習者が記述したプログラムコード全体である。このログは、学習者の学習進行状況の確認等に活用される。また、学習者は自分自身で作成したコードをjs形式でダウンロードすることができる。

提案システムは学習者と管理者とデータベースで構成されている。全ての学習問題とその正解、学習ログは、MySQLによって構築されたデータベースに格納されている。学習者は自ら開発環境を構築することなくユーザアカウントを作成するだけでWebページにアクセスでき、学習を開始できる。管理者も同様に、Webページにアクセスすることで、問題の作成・編集・登録、学習者情報の管理や進捗状況を把握できる。

## 2.3 学習課題

学習課題として提示される問題の一例を図3に示す。図3(a)は出題時に学習者に与えられる初期状態のソースコードの動作例であり、図3(b)は学習者が閲覧可能な模範画面で再現される動作例である。図3の例は、画面をクリックすることで女の子のクマがクリックした位置に移動するゲームである。学習者は初期状態の画面と比較して、リンゴが1つしか表示されていないことが確認できる。そこでリンゴを複数表示させることができるようにコードを変更しなければならない。

この課題に取り組むことで、学習者はオブジェクトの設計、オブジェクト同士の関係、プログラミングの要素の1つであるfor文を用いた繰り返しを学習できる。

学習は14段階的に分かれており、最終的には図4のようなゲームを作成することができるようになっている。完成したゲームの機能は図4右のようになっている。課題を通して学習者はゲーム開発によるプログラミングを理解することができるようになっている。

### 3 実験及び結果

提案システムによるゲーム開発学習の有用性を明らかにするために、コーディングによるプログラミング未経験者を対象とし学習実験を行った。そして、プログラミング経験者を対象とした場合の先行研究[8]の学習結果とを比較することで、提案法の有効性を評価した。学習課題は先行研究と同等であり、画面構成(システム)と段階的課題提示(教材)のみが異なっている。学習効果の比較に加えて、本研究では被験者から主観評価を得た。ここから“コーディング未経験者にとってのUIの適切性”を検討し、提案法の有用性を調査する。以下に、実験方法及び結果の概要を述べる。

#### 3.1 実験内容

被験者は15名の高校生(15-18歳)とした。被験者は全てコーディングによるプログラミングの知識を有していない高校生である。提案法で学習を行う被験者(実験群)の学習方法について、被験者には、まず提案システムの利用方法についての説明を行った。その後、操作に十分習熟したことを確認した後に、与えられた教材に従って自学形式で学習を行わせた。教材にはプログラムの説明、ゲームを用いて学習を行う方法を掲載した。学習者は、計14段階に分けられたプログラムを作成した。学習時間はシステムの操作説明を加えて180分とした。学習後、知識の定着度合いをポストテストで評価した。ポストテストは、学習課題として被験者が取り組んだ内容を確認するものであり、プログラミング言語に関する知識を確認するものである。これは提案法が適切なプログラミング学習かどうかを確認するためのものである。テストは4択からの選択問題で点数は1問1点とし、10点満点とした。テストの実施時間は問題数を考慮し10分とした。また、先行研究[8]と比較して、プログラミング学習が不十分でないかを確認するために、統制群とテストの点数を比較した。統制群は先行研究[8]の被験者である、情報学部所属する大学生10名(20-22歳)を対象とした。統制群の被験者はすでにコーディングによるプログラミングを十分に経験のしたことのある大学生である。統制群は、ポストテストが15問であった。そこでテストの点数を実験群と比較するために実施したポストテスト15問から、10問を無作為に選択して、点数を1問1点として点数を算出した。実験群、統制群のテストの難易度は同程度である。

ポストテスト後、被験者に提案システムの機能や使いやすさの評価を問うアンケートを提示した。アンケー

表 1: ポストテストの結果

	平均点	標準偏差
実験群	6.20	1.66
統制群	6.20	1.87

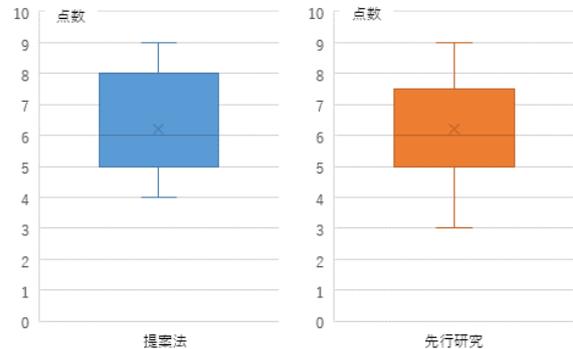


図 5: テストの分布

トでは、主観評価を6段階リッカート尺度で求めた。

#### 3.2 実験結果

テストの結果を表1に示す。実験群のテストは1問1点10問である。この表から、群ごとに成績の差はなく、実験群の理解度は統制群と同程度であることが確認できる。図5はテストの分布を示したものである。この結果から両群ともに学習者の理解度は一定以上であり、すべての学習者がプログラミングを一定以上理解できたことが示唆される。この結果から、提案システムによる学習はプログラミング初学者の学習を阻害することなくプログラミングの知識の獲得に有用であったこと、プログラミング経験者と同等のプログラミングの知識を得られることの2点を確認した。

実験群と統制群に行ったアンケートの質問項目を表2に、アンケートの集計結果の平均を図6に示す。評価結果は高い程良いことを表している。図6に示される通り、提案システムによる学習はアンケートの多くの項目で5以上の値を得ていた。特にシステムの操作に関係するQ.1やQ.3で先行研究と比較して高い値が得られ、これらの項目は先行研究の評価よりも有意( $p < .05$ )に高かった。また、先行研究のアンケート結果と比較し全ての項目において高いことが確認できた。このことから、提案システムは学習者の主観的にも従来法よりも有効であったことを確認した。

表 2: アンケートの質問項目

項目	内容
Q.1	システムは操作しやすかったですか
Q.2	システムの見た目はわかりやすかったですか
Q.3	システムの操作方法はわかりやすかったですか
Q.4	システムは違和感なく操作できましたか
Q.5	システムの機能はわかりやすかったですか
Q.6	システムの目標はわかりやすかったですか
Q.7	模範画面は問題を解くにあたって役に立ちましたか
Q.8	システムによる演習はおもしろかったですか

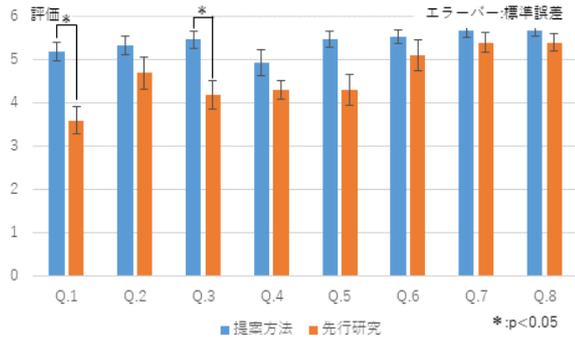


図 6: アンケート結果

### 3.3 考察

テストでの点数において、提案法のテストは、プログラミング経験者を対象とした先行研究と比較しても、同じような結果が得られた。このことから、提案システムはプログラミング初学者にとってもプログラミング学習を阻害せず知識を得られることが示唆された。学習を分割化した段階学習によるゲーム開発により、プログラミングの知識を学習できていたと考えられる。テストの分散について、点数の低い学習者が少なかった。この結果は、学習者にとって提案法は多くの学習者にとって効果的な学習方法である可能性が示唆される。アンケート結果では、システムの操作に関する項目について、有意差が確認された。これは提案システムによる UI が初学者の支援に有効に働いていた結果だと考えられる。この点で、提案法が提供する機能の適切さも確認できたと言える。提案法はプログラミング学習においてプログラミング初学者にとっても有効な学習方法であると結論づけることができる。

## 4 まとめ

本研究では、コーディングによるプログラミング未経験者が円滑に学習を進められるような学習支援システムを開発した。コンピュータ操作経験が十分ではない学習者に適した UI、すなわち単一画面のみで学習を完結させられるような UI を設計し、それを実現するための内部システムを新たに設計・開発した。また、開発するゲームを機能ごとに分けて学習を進められる段階学習方式に基づいて教材をした。実験ではプログラミング初学者を対象に学習効果を確認し、提案システムの有効性を明らかにした。プログラミングの学習においてプログラミング経験者と同等の効果を得られただけでなく、学習後のアンケートからは先行研究と比較して高い評価を得ることができた。これらの結果から提案システムの有用性を明らかにした。

## 謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)17K01164, No.19K02987), FOST 公益財団法人科学技術融合振興財団平成 30 年度補助金助成を受けて実施した成果の一部である。

## 参考文献

- [1] 文部科学省, 学校教育プログラミング教育実践ガイド, 文部科学省 (2012)
- [2] 岡本雅子, 村上正行, 吉川直人, 喜多一, 「視覚的顕在化」に着目したプログラミング学習教材の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, 37 巻 1 号 p. 35-45 (2013).
- [3] 水口充, Java 言語演習科目における対戦型ゲーム課題の設計と実践, 情報教育シンポジウム 2013 論文集, 2 号, pp.233-240 (2013).
- [4] S. Esper, S. R. Foster, W. G. Griswold: CodeSpells: embodying the metaphor of wizardry for programming, Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education, pp.249-254 (2013).
- [5] 鈴木克明, 「魅力ある教材」設計・開発の枠組みについて, 教育メディア研究, Vol.1 No.1 pp.50-61 (2005).
- [6] 栗山裕, 橋下友茂, 山下利之, ゲームプログラミングによる情報教育の評価方法, 日本教育工学会論文誌, 28 巻, pp.181-184 (2005).
- [7] T. Iwamoto, S. Matsumoto, Y. Hayashi, T. Hirashima, Examining Presentation Method of Question's Requirement for Game Development-Based Programming Learning Support System, Proceedings of The Twenty-Fourth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2019, GS5-3, pp.130-133 (2019).
- [8] 岩本朋也, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, ゲーム開発を題材としたプログラミング学習支援システムの問題要件提示法の検討, 第 20 回 IEEE Hiroshima Student Symposium, A2-16, pp.147-150 (2018).
- [9] 鈴木 克明, e-Learning 実践のためのインストラクショナル・デザイン, 日本教育工学会論文誌, 29 巻 3 号, pp.197-205 (2006).
- [10] 古池謙人, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗, プログラミングの構造的理解を指向した部品の段階的拡張手法の提案と支援システムの開発・評価, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 3, pp. 190-202, (2019)
- [11] 室谷心, 矢野口聡, 浅見(林)大輔, JavaScript を使った 1Day プログラミング教室用教材の開発と試用 II, 教育システム情報学会 JSiSE2017 第 42 回全国大会, B3-2, pp.197-198 (2017).