

プログラミング的思考を育む「ドット絵」作成ツールの提案

小泉彩音¹ 服部哲¹

概要：世界的に STEAM 教育の需要は高まっており、日本では STEAM 教育の活動の 1 つであるプログラミング教育が 2020 年度から小学校、2021 年度から中学校、2022 年度から高校で導入される。そこで本研究では、プログラミング教育を通して身につけることが求められている能力であるプログラミング的思考に着目し、「ドット絵」作成ツールを提案し、主要パーツを実装・評価した。提案ツールでは、学習者はサイコロを並べてドット絵を作成する。評価の結果、ツールはプログラミング的思考を育むために有効であることが示唆された。

“PIXEL ART” Drawing Tool for Developing Computational Thinking

AYANE KOIZUMI†¹ AKIRA HATTORI†¹

1. はじめに

日本では小・中・高等学校でのプログラミング教育の充実をはかるため 2020 年度から小学校、2021 年度から中学校、2022 年度から高校でプログラミング教育を導入することとなった[1]。文部科学省が発行する「小学校プログラミング教育の手引き(第三版)」には、今日の情報社会においてコンピュータをより適切にそして主体的に活用するためには、コンピュータの動く仕組みの基となる「プログラミング」について知ることが必要であり、プログラミングを学ぶことでコンピュータに自分の求める動作をさせることができるようになることが記載されている[1]。また、世界的に STEM や STEAM 教育の需要が高まっている。米国教育省はこれからの人材は知識を持っているだけでなく、知識を使って何ができるか、問題解決へ導けるかという能力が必要であり、そのためには STEM を統合的に学ぶことが有効であると述べており[2]、日本 STEM 教育学会はプログラミング教育を STEAM 教育の活動の 1 つとして位置づけている[3]。

日本のプログラミング教育について、文部科学省では小学校プログラミング教育のねらいと位置づけとして「情報活用能力の育成」をあげている[1]。ここでの情報活用能力とは 3 つに分類することができる。

- ① 身近な生活の中でコンピュータが活用されていることや、問題解決には手順があるということに気づくこと
- ② プログラミング的思考を身につけること
- ③ コンピュータの働きをよりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を育むこと

そして②のプログラミング的思考について文部科学省は以下を論理的に考える力と定義している[4]。

- 自分が意図する一連の活動を実現するためにどのような動きの組み合わせが必要か
- 一つ一つの動きに対応した記号をどのように組み合わせたら良いのか
- 記号の組み合わせをどのように改善していけばより意図した活動に近づくのか

この定義によれば、プログラミング的思考とは、プログラミングの技術やコーディング能力を身につけることではなく、プログラミングをする際に必要となるものの考え方を指していると考えられる。

さらにこの定義を細分化すると、この中には複数のプログラミング的思考の要素が存在する。またプログラミング的思考に関連するいくつかの文献を参照すると、プログラミング的思考には以下のように複数の要素が存在すると考えられる[5][6][7]。

- 組み合わせ (記号や数字, 動きの組み合わせ)
- 分解 (大きな動きを解決可能な小さな動きにわけること)
- 繰り返し (条件を満たすまで動作を続けること)
- 順次処理 (順番に処理を行なうこと)
- 抽象化 (目的に応じて適切な側面や性質だけを取り出し, 他の部分は捨てること)
- 順序立てる (ゴールまでの筋道を立てる)
- 推理する, 予測する
- 戦略を立てる
- 条件分岐 (条件により動作が変化すること)
- アルゴリズム (ゴールに向けて最適な手順や効率化を考える)
- 試行錯誤する

¹ 駒澤大学
Komazawa University

● 創造力

このような背景から本論文では STEAM 教育とプログラミング的思考の両要素を兼ね備えたツールを提案する。ただし、数多くのプログラミング的思考の要素を同時に満たすことは困難であると考え、本研究は「組み合わせ」、「順序立てる」、「戦略を立てる」に着目した。具体的にはサイコロを並べてドット絵を作成することによって、プログラミング的思考を育むツールを実装・評価した。

これまでもプログラミン的思考を育む研究は行われており、本研究で調査した範囲ではあるが、それらは実物のブロックなどを使い、また一人で遊ぶものが多い[8][9]。本研究ではパソコンやタブレットだけで完結し、最終的には複数人でアート作品を創作することを目指す。また、ドット絵のマス目の数を選べるようにすることによって、幅広い利用者を対象にすることができると考える。

本論文の構成は以下の通りである。1 章では研究の背景、目的、意義を述べた。2 章ではプログラミング的思考を育むドット絵作成ツールを提案し、主要パーツの実装について述べる。3 章ではツールの評価実験について、ならびに評価結果と考察について述べる。4 章では本研究のまとめと今後の課題について述べる。

2. プログラミング的思考を育むツールの提案

本章では、プログラミング的思考を育むための「ドット絵」作成ツールを提案し、主要パーツを実装する。

2.1 提案ツールの概要

本研究では「ドット絵」作成ツールを提案するにあたり、2つの要件を定めた。

- ① パソコンまたはタブレットで利用できる
- ② ノンコードで遊べる

提案するツールは教育場面で活用するという想定で①パソコンまたはタブレットで利用できることを要件とした。また現在 Scratch のようなプログラミング言語を必要としないノンコードが流行している背景と、誰でも気軽に遊ぶことができるようにするため②ノンコードで遊べるという要件を定めた。

本ツールは、カラーサイコロを使ってマス目に色を塗ることによって、ドット絵を作成することができる。ドット絵は作品として保存され、他の学習者の作品と一緒に大きなアート作品を作ることができる。図 1 は提案する「ドット絵」作成ツールの概要図である。

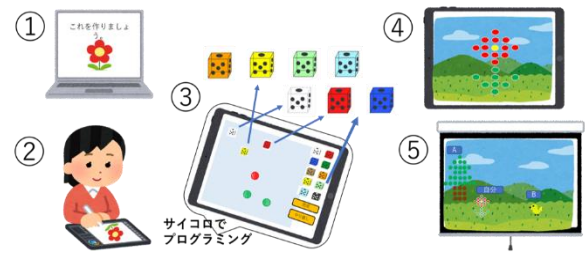


図 1 提案ツールの全体概要図

以下、全体概要図に合わせてツールの仕組みを説明する。

- ① 画面にお題となる絵が表示される。
- ② (必要に応じて) 方眼紙にお題の絵を下書きする。
- ③ (下書きがあればそれをもとに) マス目にカラーサイコロを置いていく。カラーサイコロは使いたい色と塗りつぶしたいマス目の数を指定するために使用する。
- ④ 作成した絵は個人の作品として保存される。
- ⑤ 作品にあった背景を選択し、背景に合わせて好きな場所に作品をレイアウトする。他の学習者の作品と一緒にスクリーンに投影され一つの大きなアートが完成する。

この仕組みによって提案ツールではプログラミング的思考のうち、以下の通り「組み合わせ」と「順序立てる」と「戦略を立てる」に気づかせ育むことができると考える。

含まれるプログラミング的思考の要素

- 組み合わせ：サイコロの数字や色の組み合わせ
- 順序立てる：塗るマス目の数を順序立てて考える
- 戦略を立てる：下書きをしてサイコロの置き方を考える

本ツールは大きくサイコロを置くことによってドット絵を作成するパーツ、それを保存するパーツ、そして大きなアートとしてレイアウトするパーツに分割でき、本研究ではこれまでのところ、仕組みの①から④を担う前者2つのパーツを JavaScript と PHP を使って実装した。

2.2 提案ツールの主要パーツの実装

実装したパーツは図 2 で示すように 5 つのプログラムで構成されている。表 1 はそれらの概要である。

ブラウザ側は JavaScript と HTML, CSS で構成される 3 つのプログラム、サーバ側は PHP と HTML, CSS で構成される 2 つのプログラムからできている。図 2 の青の矢印は Web ページの画面遷移を示している。赤の矢印は JavaScript から PHP ヘデータを送る流れを示している。黄色の矢印は画像保存 PHP によって作成 (保存) される画像の流れを示している。緑の矢印は作成された画像の流れを示している。

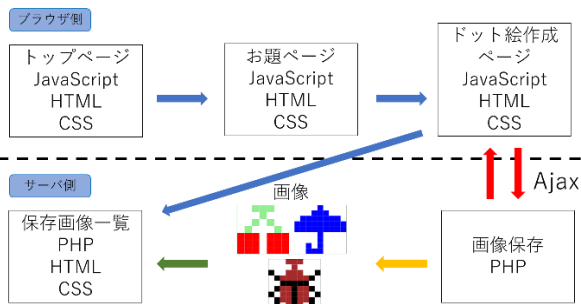


図 2 プログラム関係図

表 1 実装した 5 つのプログラムの概要

ファイル名	概要
top_page.html	トップページ/遊び方の説明
theme.html	お題ページ/お題とドット絵のレベルを選択
category_ele.html category_int.html category_adv.html	ドット絵作成ページ/サイコロを使ってドット絵を作成
imagecreation.php	画像保存プログラム/ドット絵を画像形式 (.png) 保存
picture.php	保存画像一覧ページ/保存された画像を一覧で表示

(1) トップページ

トップページには遊ぶ際の注意点と遊び方を記載した。「ゲームで遊ぶ」ボタンをクリックするとお題ページへ移動する。

(2) お題ページ

図 3 で示したお題ページでは、下書き用紙のダウンロード、お題表示ドット絵のレベル選択ができるようになっている。

画面上部の「初級用」、「中級用」、「上級用」をクリックすると新しいタブが開かれて下書き用紙のダウンロードが可能となる。画面中部の「お題を表示」ボタンをクリックすると国旗や数字や果物などのお題がランダムで表示される。画面下部の「初級レベルで遊ぶ」、「中級レベルで遊ぶ」、「上級レベルで遊ぶ」から遊びたいレベルを選択しクリックすると新しいタブが開き、ドット絵を作成するためのページへ移動する。

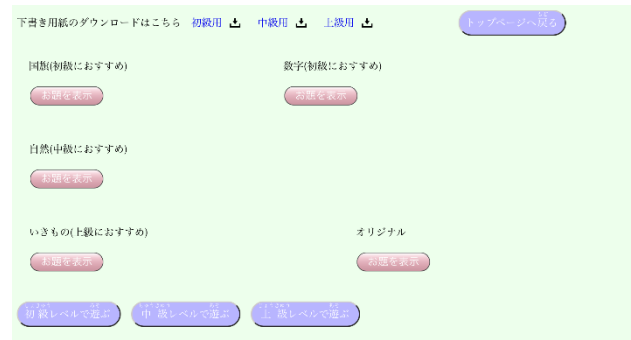


図 3 お題ページ(タブレット画面)

(3) ドット絵作成ページ

図 4 で示したドット絵作成ページではサイコロの色と数を指定してマス目に色を塗ることができる。初級は 5×5、中級は 7×7、上級は 9×9 のマス目のキャンバスが用意されている。

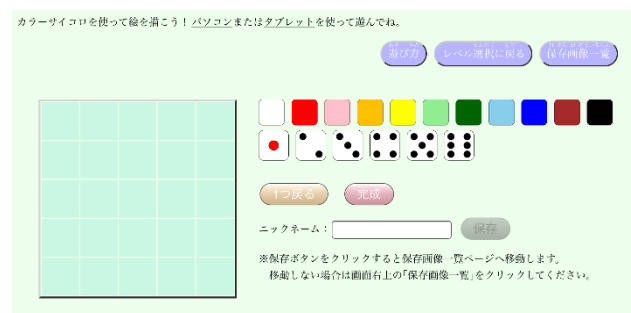


図 4 ドット絵作成ページ(初級, タブレット画面)

画面中部の四角い色のついた部分をクリックすると、下段のサイコロの色が選んだ色に変更される。その後塗りたいマス目分の数のサイコロをクリックすると画面左のマス目に色がつき、その数字が表示される(図 5)。サイコロを置いた際、色がつくのは初めの一マスのみである。たとえば図 5 の状態でサイコロをクリックすると、★で示したマスに色がつく。間違った場合は「1 つ戻る」ボタンを押すと 1 つ前の操作が取り消される。全部のマスにサイコロを置き終えた後に「完成」ボタンをクリックするとマス目全体に色がつく(図 6)。最後にニックネームを入力し、「保存」ボタンを押すと新しいタブで保存画像一覧ページが開かれる。「保存」ボタンを押すと制作途中でも画像として保存されてしまうため、「保存」ボタンはマス目全てにサイコロを置き終えるまでボタンが押せない仕組みにした。

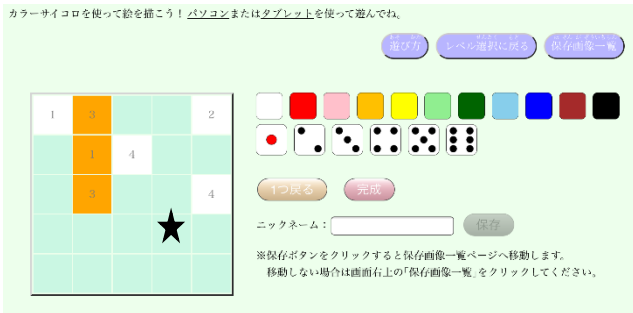


図 5 サイコロによるドット絵の作成途中(タブレット画面)

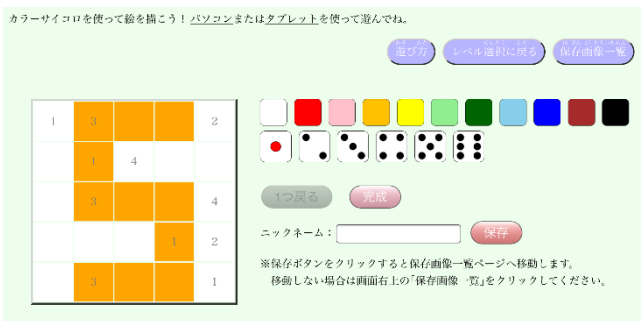


図 6 サイコロによるドット絵の完成(タブレット画面)

ドット絵作成ページのプログラムは図 2 に示したように、主に JavaScript でコーディングされている。ドット絵作成ページでは「保存」ボタンを押すと Ajax を通じて画像保存プログラムへ選ばれた色のリスト、選ばれた数字のリスト、マス目の横列、マス目の縦列、お題のジャンル、ニックネームの情報が送られる。お題のジャンルについては今後他の学習者の作品と一緒にスクリーンに投影する際に使用する予定である。

(4) ドット絵画像の保存と一覧ページ

図 2 で述べたように、ドット絵作成ページから保存画像一覧ページへ移動する間には画像保存プログラムがあり、このプログラムでドット絵画像を生成、保存している。

画像保存プログラムは、前項で述べたドット絵作成ページから送られた色のリストなどから PNG 画像を生成・保存する。そして、図 7 で示した保存画像一覧ページではドット絵作成ページで作成されたドット絵画像（作品）がニックネームとともに一覧で表示される。

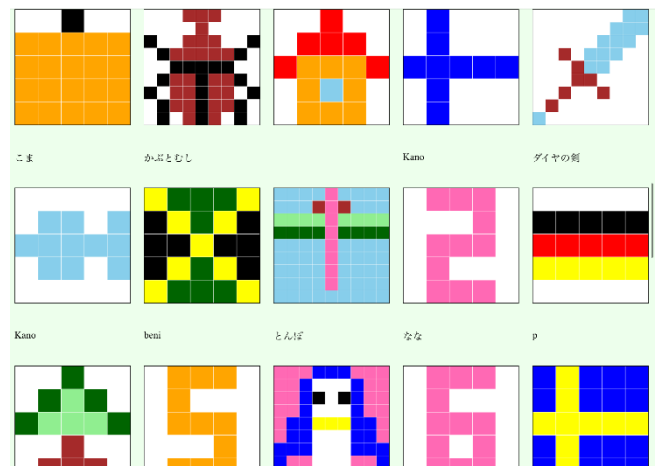


図 7 保存画像一覧ページ(タブレット画面)

画像保存プログラムは、ドット絵作成ページから選ばれた色のリスト、選ばれた数字のリスト、マス目の横列、マス目の縦列、お題のジャンル、ニックネームの情報を受け取り、それらの情報をもとに四角を描いて色をつけ、ドット絵を PNG 画像として生成・保存する。

保存画像一覧ページは画像保存プログラムで保存された作品を一覧で表示する。

3. 評価と考察

本研究では、ここまで実装した「ドット絵」作成ツールを評価するために、実際の利用にもとづくアンケート調査を行った。

3.1 評価の目的と概要

本研究では提案ツールがプログラミング的思考の要素を含むかどうか、また使いやすさや見やすさを評価した。

評価協力者には、実装したパーツを利用してドット絵を作成していただき、その後、ページやドット絵を作成する過程についての質問に回答していただいた。

アンケートの質問はオンライン上で Google フォームを使って用意した。評価実施期間は 11 月 23 日から 12 月 8 日、評価協力者は高校生 3 名、駒澤大学グローバル・メディア・スタディーズ学部の大学生 (GMS 学部生) 15 名、GMS 学部生以外の大学生 5 名、社会人 4 名の計 27 名である。駒澤大学 GMS 学部服部ゼミの学生については、連続して 2 回ツールを利用していただき、1 度目は全員共通のお題として「みかん」と「りんご」を指定した。2 度目は自由にドット絵を作成していただき、ツールの使い勝手や学べるプログラミング的思考の要素についての質問に回答していただいた。その他の評価協力者には、お題は指定せず自由にツールを利用して評価をしていただいた。

以下はオンライン上で行ったアンケートの質問である。

- 【1】遊ぶ際に使った端末（機器）を教えてください。
 【2】遊び方について、遊び方の説明はいかがでしたか。
 【3】下書きについて、紙とペンを使って下書きをしましたか。
 【4】あなたが遊んだパズルのレベルを選択してください。
 【5】あなたが作成した絵のテーマを全て選択してください。
 【6】ページのデザイン性について教えてください。
 【7】ページの操作性について教えてください。
 【8】ツールを使ってみていかがでしたか。
 【9】今後も継続してこのツールを利用したいと思いますか。
 【10】できあがった絵の満足度（自己評価）を教えてください。（100点満点）
 【11】ツールで遊んで気がついた、ツールに含まれていると感じた「プログラミング的思考の要素」を全て教えてください。
 【12】不足している機能があれば教えてください。
 【13】その他、ツールで遊んで気づいた「STEAM 要素」、
 「プログラミング的思考要素」または「情報の基礎知識」があれば教えてください。
 【14】感想、コメントなどがあれば記述をお願いします。

また、「完成」ボタンを押した直後のドット絵作成ページのスクリーンショットを提出していただいた。

3.2 評価結果

アンケートによる評価結果を整理する。今回の調査では質問項目が多かったため、本論文では回答の一部を抜粋して分析する。

遊び方の説明については「どちらとも言えない」と「わかりにくい」の回答が合計で6割弱であった（図8）。

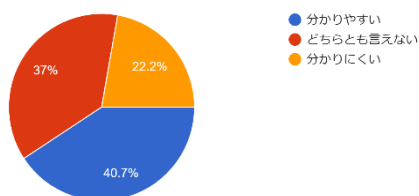


図 8 質問【2】の回答結果

ページのデザインについては評価協力者の7割以上が「見やすい」と回答した（図9）。

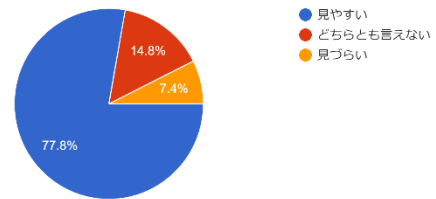


図 9 質問【6】の回答結果

ページの操作性については評価協力者の8割以上が「使いやすい」と回答した（図10）。

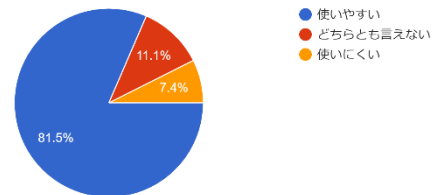


図 10 質問【7】の回答結果

ツールを使った感想は評価協力者の8割以上が「楽しめた、面白かった」と回答した（図11）。

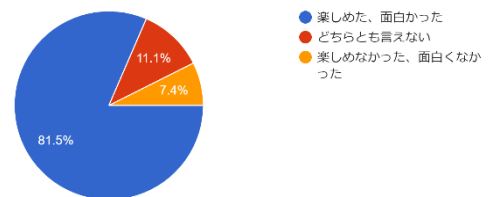


図 11 質問【8】の回答結果

今後も継続してツールを利用したいかについては約6割の評価協力者が「何度も遊んでみたい」、約3割の評価協力者が「一度遊べば十分」と回答した。また、「上級レベルが完成した後の続きがあればもっと遊びたい」との意見もあった（図12）。

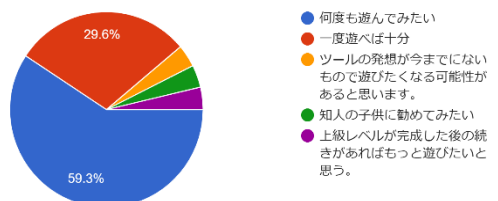


図 12 質問【9】の回答結果

完成した絵の満足度は平均69点、中央値は70点以上79点未満という結果となった（図13）。

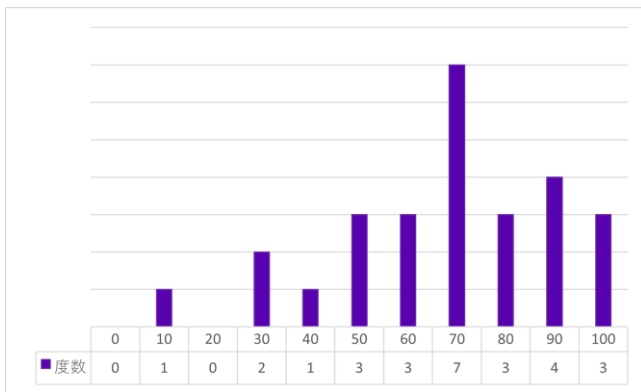


図 13 質問【10】の回答結果

評価協力が提案ツールに含まれると感じた「プログラミング的思考の要素」について 1 章で述べた選択肢から選択 (複数選択可) していただいた結果, 「組み合わせ」, 「推理する, 予測する」, 「創造力」が 7 割以上, 「順次処理」, 「順序立てる」, 「戦略を立てる」, 「試行錯誤する」が約 6 割の評価協力者によって選択された. 一方で, 「分解」, 「抽象化」, 「条件分岐」の選択は約 3 割以下と低い結果となった (図 14).

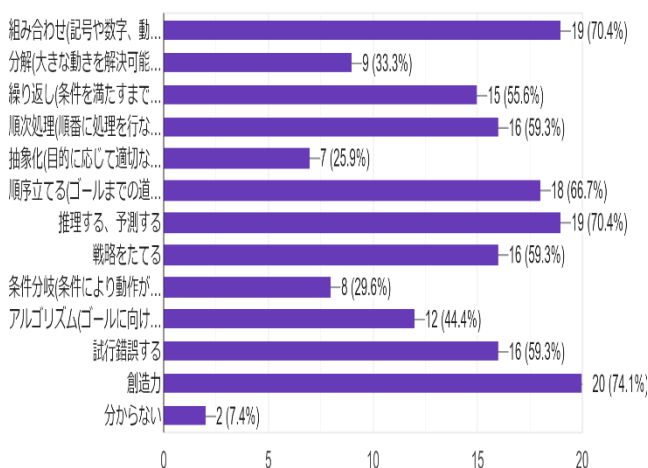


図 14 質問【11】の回答結果

不足している機能としては以下が挙げられた.

- 最初にチュートリアルとして使い方を知りながら練習できる機能があれば良いと思った.
- 説明が動画なら分かりやすかった.
- 子供向けにするなら, 絵が完成した後に「よくできました👏」のような言葉が出てきたりすると嬉しいと思う.
- 「サイコロの数を少なくする」のが大事な要素だとしたら, 同じ絵を他の人がいくつのサイコロで完成させることができたのか (現時点での最小サイコロ数) を表示させることで競争心とゲーム感覚が生まれるのでは.
- ギャラリーで他の人が作ったデザインの詳細がも

し見られるのなら作り方 (サイコロの数字) がでてきたりすると参考になるかも.

- 二つ以上前に戻る機能, 絵を評価する機能
- スマホへの画面对応

感想, コメントは以下の通りである.

- 完成ボタンを押した時達成感があったし, 考えながら次のことを予測しなければならないので頭を使って面白かったです. 級に合わせて色や柄が増えるともっと楽しいなと思いました.
- 予想外の色塗りゲームだったけれど難易度が上がっていけばより思考の幅も広がってより楽しくなりそうでした. 何より楽しかったです!
- 同じお題でも人によって塗り方が違うのも面白いと思いました.
- 遊び方の段階では難しそうと感じましたが, 遊んでみると思った以上にとつきやすく, 遊んでいて楽しくプログラムの思考の要素を使う機会が生まれるコンテンツだと思いました.
- 色の明度が高すぎるかもしれません.
- 下書きもデジタルで行いました. (画面キャプチャとアノテーションツールで)
- サイトのデザイン性も高く, 可愛いものすごいと思いました. ゲーム内容も新しく面白かったです.

3.3 考察

(1) プログラミング的思考の要素を含むかどうかについて

評価の結果, 本ツールに該当するプログラミング的思考の要素として「組み合わせ」, 「推理する, 予測する」, 「創造力」, 「順次処理」, 「順序立てる」, 「戦略を立てる」, 「試行錯誤する」が 6 割以上の評価協力者から当てはまるものの回答を得た. 本研究ではプログラミング的思考の要素のうち「組み合わせ」と「順序立てる」と「戦略を立てる」に焦点をあててツールを提案した. それらについては良い結果であったが, さらに加えて「推理する, 予測する」, 「創造力」も高い評価であった.

評価協力が作成したドット絵を分析すると, 大きく分けて 2 パターンのサイコロの置き方が見られた.

パターン 1 は図 15 のようにマス目の一番右端までサイコロを置き, 下段に移動すると上段とは切り離して考え, 新たにサイコロを置き直すパターンである.

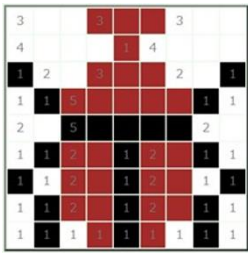


図 15 完成作品パターン 1

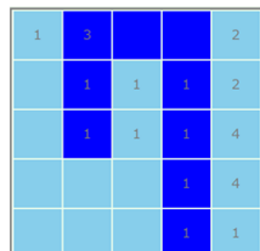
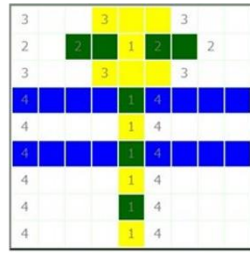


図 16 完成作品パターン 2

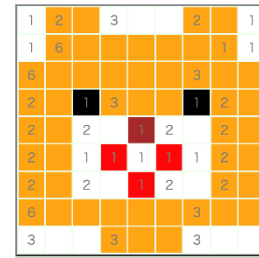
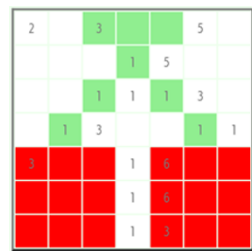


図 17 完成作品の例

パターン 2 は図 16 のようにマス目の一番右端までサイコロを置き、下段に移動する際に上段とは切り離さず連続してマス目の数を数えサイコロを置いていくパターンである。

以上の分析により、本ツールはドット絵を作成する過程で、本研究で着目したプログラミング的思考の要素である「組み合わせ」、「順序立てる」、「戦略を立てる」を育むことに効果があると考えられる。また学習者がサイコロの置き方の繰り返しに気づきやすいように表示する機能を追加すれば、プログラミング的思考を育むための提案ツールの効果がより高まるのではないかと考える。



一方、現在は保存画像一覧ページに表示される作品は見栄えを良くするために置いたサイコロの目の数は非表示になるようプログラムしている。しかしアンケートの中で「サイコロの数を少なくする」のが大事な要素だとしたら、同じ絵を他の人がいくつのサイコロで完成させることができたのか（現時点での最小サイコロ数）を表示させることで競争心とゲーム感覚が生まれるのでは、「他の人が作ったデザインの詳細がもし見られるのなら作り方（サイコロの数字）が出てきたりすると参考になるかも。」という意見があがった。保存画像一覧ページでの作品の表示方法については今後の検討課題である。

また、図 15、図 16 を含めて完成されたドット絵を見ると異なる数字と色を組み合わせでマス目に色を塗っていることがわかった。たとえば、図 16 左の作品（さくらんぼ）では、上から 5 行目の 7 マスが赤と白で塗られている。この 7 マス全てに『1』のサイコロを置くのではなく、『赤 3』→『白 1』→『赤 6』と 1 と 3 と 6 の数字と色を組み合わせでサイコロが置かれている。さらに、行や列を余らせることなく全てのマス目を利用してドット絵を作成するため、マスに色を塗り始める前、または色を塗っている過程でサイコロの置き方を検討していると考えられ、ここに「順序立てる」や「戦略を立てる」の要素が含まれていると考える。

(2) ツールの使いやすさ、見やすさについて

まず本研究で実装したドット絵作成ページについて、アンケート結果ではレイアウト、操作性についてはどちらも約 8 割の評価協力者から「分かりやすい」との評価を得た。一方でトップページの遊び方のわかりやすさについては約 5 割の評価協力者が、「どちらとも言えない」、「わかりにくい」と評価したため、改善の余地がある。

さらに完成されたドット絵を分析すると、サイコロの置き方が繰り返されることがあるとわかった。ここには「繰り返し」の要素が含まれていると考える。また、同じ置き方が離れた複数の行に現れることがあることもわかった。たとえば、図 17 のドット絵を見ると、3 行目と 9 行目はどちらも『オレンジ 6』→『オレンジ 3』とサイコロを置いている。5 行目と 7 行目もサイコロの色は異なるがどちらも『2』→『2』→『1』→『2』→『2』と同じようにサイコロを置いている。

次にツールについて、8 割以上の評価協力者が「楽しめた、面白かった」と評価した。また今後も継続してツールを利用したいかについては約 6 割の評価協力者が「何度も遊んでみたい」と評価した。現在の上級レベルよりさらに上のレベルがあれば遊んでみたいとの意見も出た。パズルのレベル設定は今後の検討課題であるが、本ツールは十分に楽しめると思う。

最後に、評価協力者から指摘された不足している機能や感想、コメントを受けて、改善点を述べる。1 つ目は遊び方についてである。現在はトップページで画像と文章の両方で遊び方を説明しているが、画像が多いことで説明が長くなってしまっている。そのため遊び方を最後まで読み切れず、分かりにくいという意見がいくつか出されたと考え

られる。上記のように今後は遊び方を説明する動画もしくはチュートリアルを作成したい。

2 つ目はスマートフォンへの画面对応について。現在は教育場で活用するという想定でパソコンまたはタブレットでの利用を前提にページレイアウトをしてある。しかしスマートフォンへの画面对応を望むとの意見が複数あったため、今後はスマートフォンでも利用できるようなレイアウトを修正したい。

4. おわりに

本研究では日本のプログラミング教育の中で重要視されている「プログラミング的思考」に着目し、「ドット絵」作成ツールを提案した。提案ツールでは、学習者はサイコロを並べてドット絵を作成する。提案ツールを実装し、高校生から社会人まで計 27 名の協力のもとで評価を行った。

評価の結果、ツールに含まれているプログラミング的思考の要素についての質問では、「組み合わせ」、「推理する、予測する」、「創造力」が 7 割以上、「順次処理」、「順序立てる」、「戦略を立てる」、「試行錯誤する」が約 6 割の評価協力者からツールに当てはまる要素であるとの回答を得たことから、本研究で着目したプログラミング的思考の要素として「組み合わせ」、「順序立てる」、「戦略を立てる」が高く評価された。また作成されたドット絵からはこれらの要素と「繰り返し」が本ツールによって育まれる可能性があることがわかった。また、「推理する、予測する」、「創造力」、「順次処理」、「試行錯誤する」の 4 つの要素も高い評価を得た。

これらを踏まえて、本ツールはプログラミング的思考を育むために有効であることが示唆された。

今後は他の学習者と一緒に作品を共有し一つの大きなアートを作成するパーツを実装・評価する。また、遊び方の書き方や保存画像の表示方法、スマートフォンへの対応など改善点としてあがった部分について検討を重ね、実用性を高め、小中学生にも利用していただきたい。

謝辞

本研究の実施にあたり、多くの方々にご支援いただきました。調査にご協力いただいた高校生、他大学の友人、駒澤大学生、社会人のみなさまに心から感謝いたします。

参考文献

- [1] 文部科学省, 小学校プログラミング教育の手引 (第三版), 2020 年 2 月, p1 .
- [2] 新井 健一, これまでの STEM 教育と今後の展望, STEM 教育研究, Vol.1, 2018, p3-4 .
- [3] 設立趣旨, ABOUT 日本 STEM 教育学会とは, 日本 STEM 教育学会, 閲覧日 2021-11-14, <https://www.j-stem.jp/about/> .

- [4] 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議, 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論のとりまとめ), 2016 年 6 月, 参考資料 2 .
- [5] 福岡市科学館 2020 年 CREATIVE AWAR を開催, 福岡市科学館, 閲覧日 2021-11-14, <https://www.fukuokacity-kagakukan.jp/news/2020/02/-2020-creative-award-561700.html> .
- [6] 内田早紀子・松村敦・宇陀則彦, 日常生活を題材とした小学生向けプログラミング的思考の育成ツール, コンピュータ & エデュケーション, Vol48, 2020 .
- [7] 山中真吾・中山貴司・木下博義, プログラミング的思考についての基礎的研究-小学校理科における授業実践を通して-, 福山市立大学教育学部研究紀要, Vol9, 2021 .
- [8] 萩原一真・塩澤秀和, 複数の図形の認識とコンテンツの投影に対応した教育用図形パズル, 情報処理学会研究報告, Vol.2018-GN-104, No.15, 2018-03 .
- [9] 飯田楓花・鈴木優, プログラミング的思考を育むブロック入力型学習ゲームの開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-HCI-192, No.1, 2021-03 .