

2021年度 卒業論文

Scratch作品検索に向けた  
オブジェクトの動作に基づく時系列データ解析

2022年2月15日

システム工学科  
(学生番号: 60236238)

福地 ユキ

和歌山大学システム工学部

## 概 要

ビジュアルプログラミング言語は、命令処理を視覚的に表現したブロックを組み合わせることで、直感的にプログラムを実装可能なプログラミング言語である。ビジュアルプログラミング学習サービスの1つである Scratch では、ユーザが制作したプログラム作品をオンラインサービス上に公開可能である。Scratch のオンラインサービス上には、多数のユーザが制作した膨大な数のプログラム作品が公開されており、他者のプログラム作品を参照することで多様な実装方法を学習する。参照する他者のプログラム作品を探し出すためにキーワード検索を行うが、ユーザの持つ実装したい動作のイメージを言語化することが難しいことや、動作に関するキーワードをタイトルや説明文に含まない作品は検索不可能であることから、ユーザの求める作品を検索することは容易ではない。キーワードによる検索ではなく、ユーザの持つ実装したい動作のイメージを入力とする直感的な検索を実現することで、この課題を解決可能であると考える。

本論文では、動作のイメージを入力とする Scratch 作品の直感的検索実現に向けて、ユーザのイメージに類する動作を抽出する手法を提案する。入力となる動作のイメージと、検索対象となる各 Scratch 作品に含まれる移動するオブジェクトの座標変化を時系列データとして捉え、入力の時系列データと各作品の時系列データの距離を算出する。距離の算出結果を分析することで、入力に類する動作を抽出可能な距離が **TODO: [分析結果を載せる]** であることを明らかにした。

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	ビジュアルプログラミング言語 Scratch におけるプログラム作品検索	2
2.1	ビジュアルプログラミング	2
2.2	Scratch	2
2.3	Scratch 作品の検索	3
第3章	Scratch 作品に含まれる類似動作の抽出手法	4
3.1	概要	4
3.2	オブジェクトの座標変化取得	4
3.2.1	動作イメージの入力	4
3.2.2	検索対象作品に含まれる動作	4
3.3	座標変化同士の距離算出	5
3.3.1	座標変化データの正規化	5
3.3.2	DTW 距離の算出	5
3.4	DTW 距離の近い動作を抽出	5
第4章	検索者の求める動作を抽出する距離の分析	6
4.1	概要	6
4.2	検索データセット	6
4.3	分析	6
4.3.1	定量分析: DTW 距離の分布	6
4.3.2	定性分析: 検索者の求める動作を抽出する距離	6
第5章	考察	7
5.1	定量分析: DTW 距離の分布	7
5.2	定性分析: 検索者の求める動作を抽出する距離	7
5.3	検索結果のプログラム	7
5.4	妥当性への脅威	7
第6章	おわりに	8

# 第1章 はじめに

初等教育からのプログラミング必修化に伴い、ビジュアルプログラミング言語を利用したプログラミング教育が進められている。ビジュアルプログラミング言語は、命令処理を視覚的に表現したブロックを組み合わせることで、直感的なプログラムの実装が可能なプログラミング言語である。

ビジュアルプログラミング言語を用いた代表的な学習サービス Scratch<sup>1</sup>では、ユーザが制作したプログラム作品をタイトル・説明文を添えてオンラインサービス上に公開可能である。Scratch のオンラインサービス上には、多数のユーザが制作した膨大な数のプログラム作品が公開されており、ユーザは他者のプログラム作品を参照することで多様な実装方法を学習する [1]。ユーザが参照するプログラム作品を探し出すには、作品のタイトル・説明文を対象としたキーワード検索を行う。しかし、ユーザが実装したい動作のイメージを検索キーワードへと変換することが難しいことや、動作に関するキーワードをタイトルや説明文に含んでいない作品は検索不可能であることから、ユーザの求める作品の検索は容易ではない。この課題は、他者の作品を参照することによる学習の障壁になると考える。キーワードによる検索ではなく、ユーザの持つ実装したい動作のイメージを入力とする直感的な Scratch 作品の検索を実現することで、この課題を解決可能であると考ええる。

本論文では、動作のイメージを入力とする Scratch 作品の直感的検索実現に向けて、ユーザのイメージに類する動作を抽出する手法を提案する。入力となる動作のイメージと、検索対象となる各 Scratch 作品に含まれる移動するオブジェクトの座標変化を時系列データとして捉え、入力の時系列データと各作品の時系列データの距離を算出する。距離の算出結果を分析することで、入力に類する動作を抽出可能な距離を明らかにする。

続く2章では、Scratch におけるプログラミング学習の背景とその課題について述べる。3章では提案手法について説明し、4章では入力に類する動作を抽出可能な距離の分析とその結果について述べる。5章では分析結果を考察し、最後に6章でまとめを述べる。

---

<sup>1</sup><https://scratch.mit.edu/>

## 第2章 ビジュアルプログラミング言語Scratchにおけるプログラム作品検索

### 2.1 ビジュアルプログラミング

プログラミングは、コンピュータに実行させる一連の命令処理をプログラムとして作成することである。人が扱う自然言語はコンピュータに理解されないため、機械が読むことのできる機械語への変換のために、機械語を自然言語に近づけたプログラミング言語を使用してプログラムを作成する。テキストベースのプログラミング言語で発生する構文エラーなどはプログラミング初学者にとって障壁となるが、その障壁を取り除いたビジュアルプログラミング言語が開発されている。

ビジュアルプログラミング言語では、「イベントを受け取る」、「命令を出す」、「値を返す」といった命令処理が視覚的なブロックとして表現されており、そのブロックを組み合わせることでプログラムの実装が可能である。直感的にプログラムを実装可能なことや障壁となる構文エラーなどが発生しないことから、テキストベースのプログラミング言語と比較して学習難易度が低く、近年必修化された初等教育のプログラミングにおいてもビジュアルプログラミング言語が利用されている。ビジュアルプログラミングには、MIT メディアラボの Scratch<sup>1</sup>、Google の Blockly<sup>2</sup>などが存在する。

本論文では、ビジュアルプログラミング学習サービスの中で多数のユーザが存在し、膨大な数のプログラム作品が公開されている Scratch を対象とした研究を行う。

### 2.2 Scratch

Scratch は、MIT メディアラボが開発しているビジュアルプログラミング学習サービスの1つである。

**TODO:** [Scratch の画面及び説明の追加]

**TODO:** [Scratch で制作される作品の説明 (従来研究：アニメーション作品が多いことを示す) の追加]

Scratch で制作した作品は、タイトルと説明文を添えてオンラインサービス上に公開することができる。また、オンラインサービス上の公開作品を複製し、再利用する機能として「リミックス」が提供されている。ユーザはリミックスにより他者の作品を複製し、コードの追加や削除を行うことで新たな別の作品を制作可能である。

---

<sup>1</sup><https://scratch.mit.edu/>

<sup>2</sup><https://developers.google.com/blockly>

## 2.3 Scratch 作品の検索

Scratch のオンラインサービス上には、多数のユーザが制作した膨大な数のプログラム作品が公開されており、ユーザは他者のプログラム作品を参照することで多様な実装方法を学習する [1]. 参照する作品を探し出すためには、作品のタイトル・説明文を対象としたキーワード検索を行う. C や Java をはじめとするテキストベースのプログラミング言語ではメソッド名などの単語を使ったプログラム検索の研究が多数行われている. しかし, Scratch において, ユーザの持つ実装したい動作のイメージを自然言語の単語に変換することは容易ではない. また, 検索対象となる作品のタイトルや説明文には, 動作に関するキーワードが含まれない場合が多い [2]. キーワードによる検索ではなく, ユーザの持つ実装したい動作のイメージを入力とする直感的な Scratch 作品の検索を実現することで, この課題を解決可能であると考え.

本論文では, 動作のイメージを入力とする Scratch 作品の直感的検索実現に向けて, ユーザのイメージに類する動作を抽出する手法を提案する. 提案手法について, 3 章で述べる.

## 第3章 Scratch 作品に含まれる類似動作の抽出手法

### 3.1 概要

本章では、動作のイメージを入力とする Scratch 作品の直感的検索実現に向けた、ユーザのイメージに類する動作を抽出する手法を述べる。図は、手法の概略図を示す。 **TODO: [概略図の用意]** 手順1では、入力となる動作のイメージと、検索対象の Scratch 作品に含まれるオブジェクトの座標変化を時系列データとして取得し、手順2では、手順1で取得した入力と各動作の時系列データ同士の距離を算出する。算出結果のうち、距離が近い動作を入力と類する動作として抽出する。入力と類する動作として抽出する距離については、4章で分析及びその結果について述べ、5章で考察について述べる。

### 3.2 オブジェクトの座標変化取得

#### 3.2.1 動作イメージの入力

ユーザの持つ動作のイメージは、マウス操作等で入力する。例としてマウス操作による入力を行う場合、動作のイメージをマウス操作により描き、0.2秒ごとにマウス操作の座標変化を取得する。

#### 3.2.2 検索対象作品に含まれる動作

Web アプリケーションの自動テストツール Selenium を用いて、Scratch のオンラインサービス上に公開されている作品のスナップショットを収集する。スナップショットは、入力と同様の間隔で時系列データを取得するため 0.2 秒に 1 枚を収集する。作品の中には実行が終わらない作品も存在するため、該当する作品に対しては、最大 100 枚のスナップショットを収集する。また、スナップショット収集を自動化するため、キー入力やマウス操作を必要としない作品を対象とする。

収集した各作品のスナップショットに対して、SIFT 特徴量を用いた画像認識を行うことで座標変化を取得する。SIFT 特徴量 [3] は、スケールスペースを用いた、照明変化や回転・拡大縮小に頑強な特徴量である。Scratch では、オブジェクトとなるスプライトの色の変更や回転・拡大縮小を自由にできるため、そのような変更を行なった作品にも対応するため SIFT 特徴量を採用する。収集した各スナップショット中に存在する、テンプレート画像と同じ画像を用いたオブジェクトの座標を、SIFT 特徴量を用いた画像認識を行うことで特定する。

Scratch では、ユーザが自由にオブジェクトの画像を作成することができ、オンラインサービス上に公開されている作品で使用されているオブジェクト画像が多様であることから、全ての

オブジェクトを対象とするのではなく、Scratch においてデフォルトで用意されているオブジェクト画像 339 件のみを画像認識のテンプレート画像とする。

本提案手法では、動作するオブジェクトを捉えるため、オブジェクトの動作を命令する動きブロックを使用している作品を対象とする。

また、1 作品には複数の動作を含んでいるため、連続したスナップショット中で、オブジェクトが登場しないフレームまでを 1 つの動作とする。

### 3.3 座標変化同士の距離算出

#### 3.3.1 座標変化データの正規化

入力と抽出対象動作の座標が離れていても、動作の軌跡が類似していれば類似動作として抽出を行うため、手順 1 で取得した座標変化を最小値 0，最大値 1 に正規化する。

#### 3.3.2 DTW 距離の算出

入力の座標変化と、各動作の座標変化の距離を、動的時間伸縮法 (DTW: Dynamic time warping) **TODO: [引用論文の準備]** を用いて算出する。DTW は、2 つの時系列データの距離を算出する手法であり、異なる長さの時系列データ同士でも距離を算出可能である。

### 3.4 DTW 距離の近い動作を抽出

DTW 距離の近い動作を含む作品を、入力に類する動作として抽出する。距離は 0 に近いほど類似していることを示し、値が大きくなるほど類似しないことを示す。しかし、入力に類した動作を抽出可能な距離について定義していない。次章では、実際に入力を行い DTW 距離を算出した結果の分析及びその結果について述べ、5 章で考察を行うことで入力に類した動作を抽出可能な距離について明らかにする。



## 第4章 検索者の求める動作を抽出する距離の分析

### 4.1 概要

本章では，入力に類する動作を抽出可能な距離を明らかにするため分析を行う．著者が実装した簡易的な検索システムを用いて複数の入力を行い，DTW 距離の算出結果について定量分析及び定性分析を行う．定量分析では，各入力における DTW 距離算出結果の分布を明らかにし，定性分析では，被験者にアンケートを行うことで検索者の求める動作を抽出する距離を明らかにする．

### 4.2 検索データセット

3章で述べた通り，ユーザのキー入力やマウス操作などを必要とするブロックを使用していない作品，Scratch で用意されているオブジェクト画像を使用している作品，動きブロックを使用している作品に含まれる動作を抽出対象とする．対象外とする作品の条件を，表○に示す．**TODO: [対象外作品の条件の表作成]** Aivaloglou らの公開データセットに含まれる作品の中から以上の条件を満たす○○件の作品を用いる．**TODO: [データセット数確認]**

### 4.3 分析

**TODO: [分析する]** 本分析で用いた入力を，図○に示す．著者が制作した検索ページにブラウザでアクセスし，画面上に表示されるキャンバスに動作イメージの軌跡を描画する．

#### 4.3.1 定量分析: DTW 距離の分布

定量分析では，各入力に対する DTW 距離の算出結果の分布を明らかにする．

#### 4.3.2 定性分析: 検索者の求める動作を抽出する距離

定性分析では，被験者にアンケートを行うことで検索者の求める動作を提示する距離を明らかにする．

## 第5章 考察

**TODO:** [分析後，考察する]

- 5.1 定量分析：DTW 距離の分布
- 5.2 定性分析：検索者の求める動作を抽出する距離
- 5.3 検索結果のプログラム
- 5.4 妥当性への脅威

## 第6章 おわりに

本論文では、直感的な Scratch 作品検索実現に向けて、オブジェクトの座標変化を記録した時系列データを分析する手法を提案した。

## 謝 辭

## 参 考 文 献

- [1] Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernandez, A, Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. and Kafai, Y, Scratch: Programming for all, Communications of the ACM, 52, 11, 60-67, 2009.
- [2] Surisetty, S., Law, C., Scaffidi, C., Behavior-based clustering of visual code, Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, 261-269, 2015.
- [3] David G. Lowe., Object Recognition from Local Scale-Invariant Features, Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, 1-8, 1999.
- [4]