

論文

# 複数のプログラミング言語で記述可能な ピクトグラムコンテンツ作成環境の提案と実装

伊藤 一成<sup>1,a)</sup>

受付日 2021年1月18日, 再受付日 2021年5月24日,  
採録日 2021年7月3日

**概要:** 筆者は, ピクトグラムコンテンツ作成環境「ピクトグラミング」を提案している. ピクトグラミングは, プログラミング学習環境としての側面も有している. 先行論文では, プログラミングの単元学習の視点からピクトグラミングの実践授業を行い評価した. ピクトグラミングは, 教育利用を念頭にしたテキスト型の独自記法を採用しているが, 近年, 初等教育段階では, ビジュアルブロックを使って記述可能なプログラミング環境が広く用いられている. また, 高等学校では 2022 年から運用される「情報 I」で, Python 言語や JavaScript 言語などの汎用プログラミング言語の利用が想定されている. そこでピクトグラミングの長所を継承した, ビジュアルブロック型や汎用プログラミング言語の学習環境を構築する価値は高いと考えられ, いくつかの派生アプリケーションを開発した. 本論文では, これらのアプリケーション群の機能および, 設計・実装方式について説明し, さらに複数の授業実践を示したうえで, 授業での利活用の視点を中心に考察する.

**キーワード:** ピクトグラム, 情報デザイン, プログラミング, ブロック型, Python, JavaScript, 同調的学習

## Proposal and Implementation of Pictogram Content Creation Environment with Multiple Programming Languages

KAZUNARI ITO<sup>1,a)</sup>

Received: January 18, 2021, Revised: May 24, 2021,  
Accepted: July 3, 2021

**Abstract:** We have proposed a pictogram content creation environment called “Pictogramming.” It also has a role as a programming learning environment. It allows users to create contents in a text-based pseudo-code notation for educational use. In recent years, visual block-based programming learning environment has been used in primary school. In addition, it is expected that the subject “Informatics I”, which will be started from 2022, is scheduled to use general-purpose programming languages such as Python and JavaScript. Therefore, we thought it is highly significant to construct a learning environment for block type and general-purpose programming languages that inherit the advantages of Pictogramming. And we developed several derivative applications. In this paper, we explain the function, design and implementation of these applications, and discuss the examples of use based on actual classroom practices.

**Keywords:** pictogram, information design, programming, block-typed, Python, JavaScript, syntonic learning

### 1. はじめに

筆者はピクトグラムコンテンツ作成環境「Pictogramming

(ピクトグラミング)」を提案・開発している. ピクトグラミングは, Pictogram (ピクトグラム) と Programming (プログラミング) を合わせた造語である.

ピクトグラムは意味するものの形状を使ってその意味概念を理解させる記号である. 特に近年のグローバル化の流れなどの理由もあり, 一例をあげるだけでも, 感性工学 [1],

<sup>1</sup> 青山学院大学  
Aoyama Gakuin University, Sagami-hara, Kanagawa 252-5258, Japan

<sup>a)</sup> kaz@si.aoyama.ac.jp

異文化コミュニケーション [2], メディア情報処理 [3], 記号論 [4] など様々な学問領域でピクトグラムを題材とする研究がさかんになっている。

ピクトグラムはコンテンツ表現の抽象度の高さから、それを見た人物が自分自身や本人に関わる人物事物など想起させる効果があるといわれている。有名な「非常口」ピクトグラムのデザインの策定にかかわった太田は“走る人型を囲む空間が見る人を包む空間とつながって走る人は見る人の投影になる”と述べ [5], 実際に避難中の人がいかに出口へ向かって走る人型ピクトグラムを見たときに、自身に投影し、同一視するかにデザインの労力が払われた。この特性は情報教育の諸分野にも活用できるのではないかと考え開発したのがピクトグラミングである。

ピクトグラミングは、ピクトグラムを作るプロセスの中で、プログラミングの諸概念（順次処理、並行処理、繰返し、条件分岐など）を体得できるように設計されている。既存の教育向けプログラミング言語 [6] にあるように、プログラムの記述に教育利用を念頭にした独自記法を用いており、ピクトグラムの作成を通じてプログラミングの諸概念が学習できるように設計されている。先行論文では、プログラミングの単元学習の視点から実践授業を行い評価した [7]。

ピクトグラミングは、ピクトグラムのデザイン指針に準じたコンテンツを作成できるアプリケーションでもある。

高等学校必履修科目「情報 I」では「<1>情報社会の問題解決」, 「<2>コミュニケーションと情報デザイン」, 「<3>コンピュータとプログラミング」, 「<4>情報通信ネットワークとデータの活用」が設定される。ピクトグラムは、高等学校情報科新学習指導要領の「情報 I (2) コミュニケーションと情報デザイン」の部分で、情報を抽象化する方法としてとりあげられており、情報デザインを学習する手段としても活用できると考えられる。

近年、初等教育段階のプログラミング教育では、視覚的なブロックを使って記述するプログラミング環境が広く用いられている [8]。また高等学校では、2022 年から運用される「情報 I」, 「情報 II」において、Python 言語や JavaScript 言語などの汎用プログラミング言語の利用が想定されている [9], [10]。

ピクトグラミングの特徴を継承したブロック型や汎用プログラミング言語で記述できる学習環境を構築する価値は高いと考え、いくつかの派生アプリケーションを開発した。

本論文では、これらの派生アプリケーションの機能および、設計・実装方式について説明する。さらに活用シナリオについて、複数の授業実践を紹介したうえで、「プログラミングの学習」, 「情報デザインの学習」の双方の授業利用の観点から、その運用可能性を評価することが目的である。

以下 2 章で、ピクトグラミングおよび派生アプリケーションの概要を示す。3 章で、アプリケーション設計および

ピコード変換方式について説明し、4 章で実践授業を紹介し、5 章で関連研究を交えながら考察を行い、6 章でまとめる。

## 2. ピクトグラミングおよび派生アプリケーション

本章ではピクトグラミングおよび派生アプリケーションについて解説する。

### 2.1 画面説明

ピクトグラミングは、Web アプリケーションであり、ブラウザ上で動作する。図 1 にスクリーンショットを示す。

画面左上部は、プログラムの実行結果を表示する“ピクトグラム表示領域”，右上部はプログラムを入力する“プログラムコード入力領域”，下部はプログラムの入力を支援するボタン群で構成される“プログラムコード入力支援ボタン領域”がある。ピクトグラム表示領域には、ISO3864 で定義されている形状の人型ピクトグラムが 1 体表示される。

図 1 で示したピクトグラミングとほぼ同一のユーザーインターフェースを備える、今回開発した派生アプリケーションのスクリーンショットを図 2 に示す。

図 2 (a) に示すのが、視覚的なブロックを使って記述可能なピクトグラミングの派生環境である Block Pictogramming (ブロックピクトグラミング) [11] である。図 2 (b) に示すのが、Python 言語で記述できる Piethon (ピクソン) [12] である。さらに、JavaScript 言語で記述できる JavaSpict (ジャバスクピクト) も開発している。ジャバスクピクトも図 2 (b) と同様の画面構成である。これらをピクトグラミングシリーズと総称する。

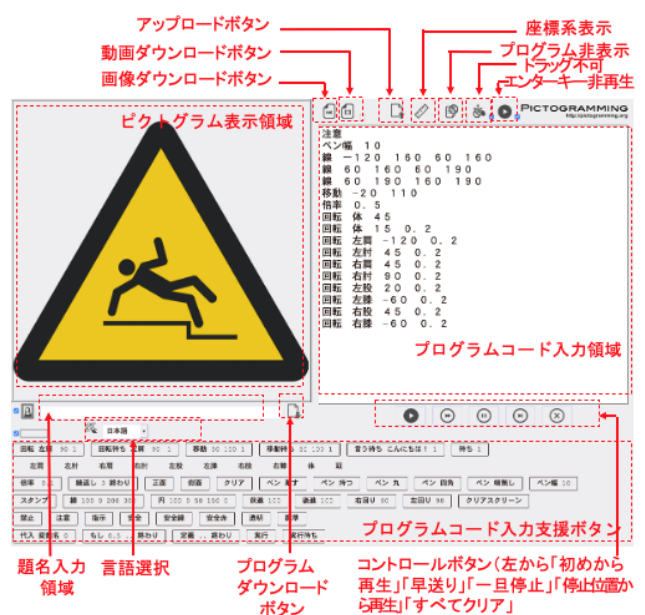
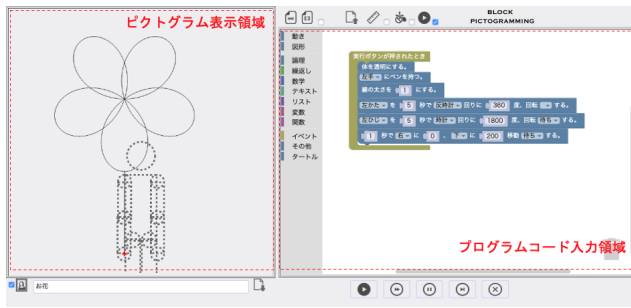


図 1 ピクトグラミングのスクリーンショット

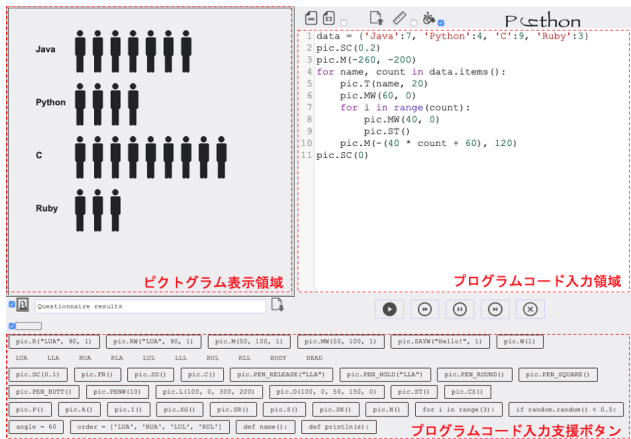
Fig. 1 Screenshot of Pictogramming.



(a) ブロックピクトグラミング



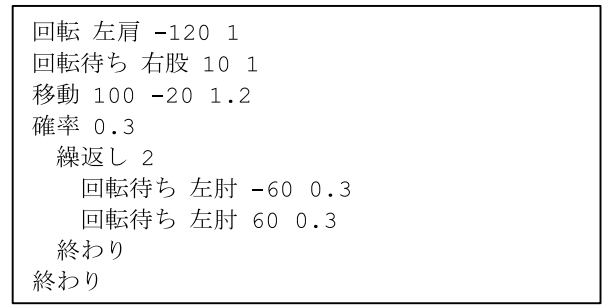
(a) ブロックピクトグラミング



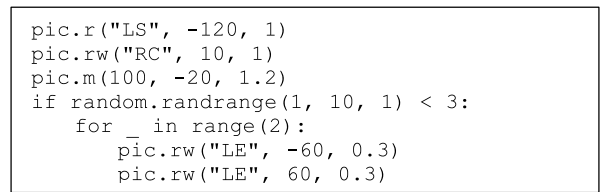
(b) ピクソン

図 2 派生アプリケーションのスクリーンショット

Fig. 2 Screenshot of derivative applications.



(b) ピクトグラミング (日本語)



(c) ピクソン

図 3 プログラム例

Fig. 3 Example of program.

## 2.2 プログラム記述仕様

ピクトグラミングシリーズでは、大別して次の3種類の命令を備えている。

- (1) 人型ピクトグラムの変形およびアニメーションの命令
- (2) 様々なオブジェクトを描くための図形描画の命令
- (3) 禁止、注意などのピクトグラム固有のマーク描画の命令

またそのほかには、変数定義、繰返し、条件分岐や関数定義などの命令が用意されている。

### 2.2.1 人型ピクトグラムの変形およびアニメーションの機能

回転と移動の2種類の命令を使い分け、さらに命令の逐次実行と並行実行を組み合わせることで、人型ピクトグラムの多様な動作を可能としている。図3に、人型ピクトグラムが左手を振るプログラム例を示す。

図3(a)に示す、ブロックピクトグラミングのプログラムを例に、各命令と動作について説明する。図3(a)中の<1>で示されたブロックは、身体部位に対する回転の命令である。関節点、回転方向・角度(反時計周りが正)、回転に要する秒数を設定する。人型ピクトグラムは、体と頭を合わせた部分が1つと上腕、前腕、上腿、下腿が左右それぞれ1つの計9つの部品から構成され、それらが連結されている。部位を指定してのプログラミングを想定する

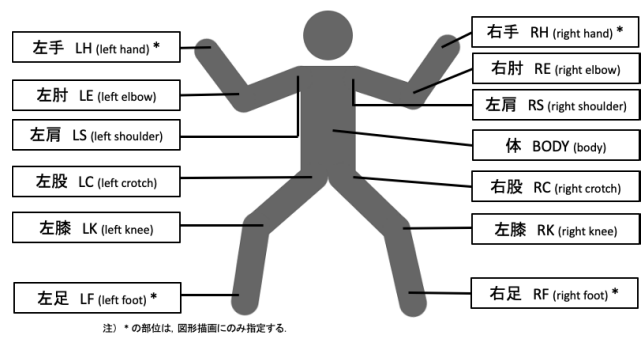


図 4 人型ピクトグラムの部位指定

Fig. 4 Specified labels for the parts of the human pictogram.

際、たとえば人型ピクトグラムの「左腕」が右側に表示されると、自身の右腕と対応づけてしまい、混乱することが予想される。そこで、鏡に映っている自分という想定としている。つまり、人型ピクトグラム表示パネルに表示される人型ピクトグラムの各部位と位置の関係は図4のようになる。鏡あるいは仮想的な鏡の前で、人が映った自分を見ながら動きを学習することは、日常行為だけではなく、スポーツや作業手順の動き習得などの分野でも幅広く行われている。ピクトグラムデザインにおける「人型ピクトグラムと自身との同一視」を重視する観点からも親和性が高く、この方式を採用している。

また次のブロックを同時に実行するか、実行が終了するまで、次の命令の実行を開始しないかを「待ち」の有無で選択できる。よって、図 3(a) 中の<1>と<2>のブロックは並行実行され、<3>で示されたブロックは、<2>のブロックに対応する動作が終了したのち実行される。<3>のブロックは体全体を平行移動する命令である。<4>のブロックは、このブロックに囲まれた内側の命令を一定の確率で実行する。分岐命令に相当する。<5>のブロックは、このブロックに囲まれた内側の命令を指定回数繰り返す。つまり<4>から<7>は、時計回りと反時計回りに左ひじを回転することで 2 回手を振る動作を 30%の確率で実行する動作を記述している。

図 3(a) と同じ出力をする、ピクトグラミングの日本語で書かれたプログラム例を図 3(b) に示す。命令名に続いて複数の引数をスペース区切りで記述する形式となっている。ちなみに、ピクトグラミングは日本語だけではなく、アルファベットやひらがなによる記述もサポートしている。同様に、図 3(c) にピクソンの例を示す。pic という識別子のオブジェクトがあらかじめ定義されており、そのオブジェクトに対するメソッド呼出しの形式で、ブロックピクトグラミングやピクトグラミングと同じ命令群を記述できる。

2.2.2 様々なオブジェクトを描くための図形描画機能

単純図形の作画は、ピクトグラム作成において不可欠な工程である。また、プログラミングの入門講座で、図形描画がテーマの実践も多い [13]。比較的単純な命令セットで扱え、またコードと対応する出力が細かい粒度で視覚化されるのが理由である。図 1 のスクリーンショットの例で示されているのは、「段差注意」のピクトグラムであるが、ここでは段差のある床を線画で描画している。ピクトグラミングおよび派生アプリケーションでは、認知視点の多重化の重要性をふまえ、認知視点の異なる「座標指定」、「身体動作」、「歩行」の 3 種類の描画方式を実装している。ブロックピクトグラミングを用いて、正方形を描画する命令を 3 種類、図 5 に示す。

図 5 の「(a) 座標指定」は、座標指定による線分の組合せで正方形を描画する例である。これは汎用プログラミング言語で図形を描画する場合の一般的な方式である。

図 5 の「(b) 身体動作」は、本アプリケーション特有の描画方式で、体の部位を指定して、その部位の動作の履歴を線画で表現する。この例では、左手の動きの履歴で正方形を描画している。

図 5 の「(c) 歩行」は、人型ピクトグラム自体の歩行移動の履歴で描画する方式で、主に教育用プログラミング言語で用いられるタートルグラフィックスと同等である。

2.2.3 ピクトグラム固有のマーク描画機能

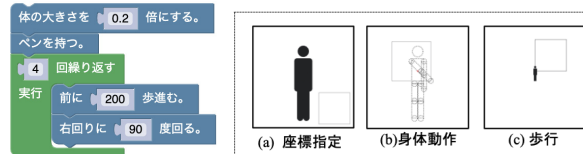
ピクトグラムには、禁止、注意、指示、安全の 4 項目に関するピクトグラムデザインのガイドラインが ISO3864 で



(a) 座標指定



(b) 身体動作



(c) 歩行

出力

図 5 図形描画の例

Fig. 5 An example of figure drawing.



図 6 セーフティサインの例

Fig. 6 An example of safety sign.

策定されている。ピクトグラミングシリーズではこれに準拠し、禁止、注意、指示、安全用のピクトグラムを作るために単一の命令・ブロックでこれら 6 種のセーフティサインを設定できる。一覧を図 6 に示す。

2.2.4 マウス操作によるプログラム入力支援

ピクトグラミングシリーズでは「ピクトグラム表示領域」は共通のコンポーネントである。この領域上での様々なマウス操作によってもプログラムを入力できる。たとえば、人型ピクトグラムの部位を直接左ドラッグすることで回転でき、対応する回転命令が自動的にプログラムコード入力領域に追加される。この機能により、静止画のピクトグラムの多くは、マウス操作主体でも作成できる。表 1 にマウス操作と対応するアクションの一覧を示す。

また、ブロックピクトグラミング以外の、文字列の直接入力が基本となるアプリケーションはいずれも、画面下部の「入力支援ボタン領域」に配置されたプログラムコード入力支援ボタンを押下することにより、対応した命令のテンプレート文字列を「プログラムコード入力領域」に追加できる。アニメーション効果を有するピクトグラムを作成する場合は、プログラムコード入力領域に入力された命令・ブロック列に対して、変数の値を書き換える必要がある。並行実行、繰り返し、条件分岐、関数、変数などを使うこと

表 1 対応するマウス操作と処理一覧

Table 1 List of mouse operations and corresponding processes.

ドラッグ開始時のマウスの座標	マウス操作	処理
人型ピクトグラムの表示領域内	左クリック+ドラッグ	人型ピクトグラムの対応する部位を回転
	右クリック+ドラッグ	人型ピクトグラムの平行移動
人型ピクトグラムの表示領域外	左クリック+ドラッグ	線分の描画
	右クリック+ドラッグ	楕円の描画
-	長押し	人型ピクトグラムの向いている方向の変更(正面と側面)
人型ピクトグラムの描画可能点付近	クリックのみ	描画可能点におけるペンの持ち・放し

で、さらに複雑なアニメーションのピクトグラムを作成できるようにする。このように段階的に学習を進めていくモジュールステップの工夫を取り入れている。

### 3. 内部設計・コード変換方式

次に、ピクトグラミングシリーズの内部設計およびコード変換方式について解説する。ピクトグラム表示領域のコンポーネントは、ピクトグラミングの書式で書かれたプログラムを実行可能である。そこで、他の派生アプリケーションでは、それぞれの言語体系で記述されたプログラムをピクトグラミングの書式に変換する処理機構が組み込まれている。

ピクトグラミングシリーズのコード変換の処理フローを図 7 に示す。

ピクトグラミングはピクトグラム生成に特化しているため、定義されている命令の種類は多くない。ピクソンを例にあげれば、Python のコードとピクトグラミングのコードを相互変換するトランスパイラを開発するのは、使用可能な Python の文法を大幅に制限することになる。

また、ピクソンは、ブラウザ上で動作する Python 実装である Brython [14] を採用している。ブラウザ上で、対応するピクトグラミングプログラムの文字列に変換する Python クラスが定義されている。実際には、あらかじめ定義されている pic はこの変換用 Python クラスのインスタンスであり、図 3(c) で見られるような RW, M などのピクトグラミングで定義される動作命令を個別にメソッド定義していない。動的プロキシにより、呼び出されるメソッドが未定義の場合でも、エラーを発生させるのではなく、特定のメソッドに、呼び出されたメソッド名と引数列の両方を与えて実行し、ピクトグラミング形式のプログラムを文字列で生成する。この方式の長所として、今後ピクトグラミングの命令の追加変更に対して、変換プログラムを変更しなくても自動的に対応されることがあげられる。

変数宣言や、if 文や for 文などのフロー制御文など、オブジェクト pic のメソッド呼出し以外の文は、そのまま Python のプログラムとして実行する。そしてそのプログ

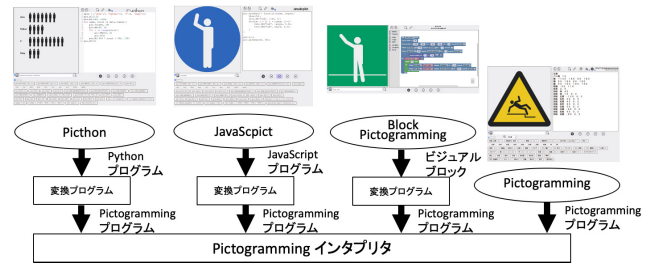


図 7 コード変換の処理フロー

Fig. 7 Processing flow of code conversion.

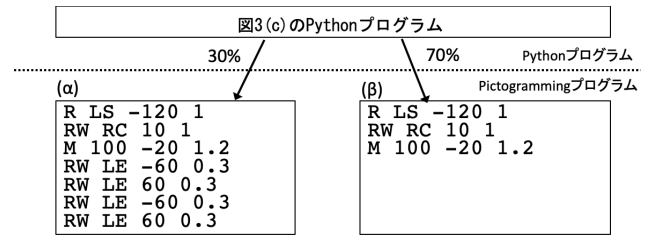


図 8 Python プログラムのピクトグラミングプログラムへの変換例

Fig. 8 Example of conversion from Python program to Pictogramming program.

ラムは、ピクトグラミング形式のプログラムを出力する。この方式の長所として、Python でサポートされている構文がすべて使用可能ということである。この方式では、ループ展開、手続き呼出しの展開、条件文の実行などが行われるため、実行のたびに生成されるピクトグラミング形式のコードは異なる場合がある。図 8 に例を示す。図 3(c) の Python プログラムを入力して実行した場合、30%の確率でコード (α) が、70%の確率でコード (β) のピクトグラミング形式のプログラムに変換され実行される。

JavaScript でも DirectProxies と呼ばれる動的プロキシの機能があり、ジャバスクピクトではこれを用いて Python と同様の方式でピクトグラミングのプログラムに変換する。

ブロックピクトグラミングはプログラムコード入力領域に Google Blockly [15] のライブラリを用いている。このライブラリは、組み立てられたビジュアルブロックから JavaScript のプログラムを生成する。そこで、さらにジャバスクピクトで説明した仕組みと同様の処理方式で、その JavaScript のプログラムをピクトグラミングのプログラムへ変換する。

### 4. 実践・評価

2章で説明したピクトグラミングシリーズを用いた授業実践について記述する。「プログラミング・アルゴリズムに主眼を置いた実践」と「情報デザインに主眼を置いた実践」の2つの視点から示す。

#### 4.1 プログラミング・アルゴリズムに主眼を置いた実践

##### 4.1.1 概要

Python 言語の基本文法を知ること、およびアルゴリズム

表 2 実践の概要

Table 2 Overview of the practices.

回	内容	時間 (分)
1	1.ピクトグラムに関する講義	30
	2. Picthon の操作方法	15
2	1. 逐次実行, 平行実行	45
3	1. 逐次実行, 平行実行 (復習)	10
	2. 繰返し	35
4	1. 変数, リスト	45
5	1. 身体動作による図形描画	45
6	1. 歩行, 座標指定による図形描画	45
7	1. アートとデザインの違いに関する講義	10
	2. 自由制作 (デザインの観点から)	35

ムを学習する題材として図形描画をテーマに、自らの身体、知識、経験、意図、自意識、文化背景に基づいた自由作品を楽しみながら作成できることを学習目標とした実践である。被験者は、神戸大学附属中等教育学校に通う中学3年生4クラスの生徒計131名である。実践期間は、2019年6月17日(月曜日)から2019年7月12日(金曜日)である。1回の授業時間は50分で週2コマ別日に実施される。一般的なPC実習室が配当されている。授業実践の概要を表2に示す。

学校行事などの影響で、4クラスのうち2クラスは表2の第6回を除く計6回、残りの2クラスは表2のとおり計7回の授業を行った。実践校では、利用可能ブラウザがインターネットエクスプローラのみだったため、Brythonが使用できなかった。そのため、3章で解説したPython形式のプログラムからピクトグラミング形式への変換処理に限りブラウザ上でなく、外部サーバ上で変換する方式で対応した。生徒はその違いを意識することなく利用できた。

第1回の冒頭では、ピクトグラムの歴史やピクトグラムの社会での活用例について説明し、ピクトグラムについての関心を喚起させた。第2回は、2クラスでネットワーク障害により、インターネットに接続できなかったため、生徒は端末を使わずに、教員モニタに提示された人型ピクトグラムの動きのプログラムを自分自身の体を使って実行するアンブラグドの方法で遂行した。そのため、第3回のはじめにコンピュータを用いて第2回の内容を復習する時間を全クラス設けた。第2回から第6回は、キーボードで入力することを重視したため、2.2.4項で説明したマウス操作によるプログラム生成の機能は無効とした。また、ピクトグラミングを用いた先行の実践(文献[7])においては、1授業の実習では条件分岐の理解度が十分でない生徒が一定数いた。今回も同様の状況になることが予想されたため、学習単元から条件分岐を除外した。

各回の授業は、数ページ程度のテキストを開始時に配布し、10分程度の解説ののち各自で単元の内容に関する自由課題に取り組む形式で進めた。先行の実践(文献[7])では、各回で単元の内容に関する指定課題を提示し、その出来で各単元の理解度の評価を行った。ピクトグラミング

表 3 アンケート項目

Table 3 Questionnaire list.

Q	内容
1	今回の授業内容はあなたにとって楽しかった
2	自分の作りたいと思う作品が設定できた
3	作品を作る過程において、自分の身体の動きを意識した
4	自分の作りたいと思った作品を作成できた
5	作品を作る過程で、ユーモアさを感じた
6	作品を作る過程で、シュールさを感じた
7	今回の授業内容はあなたにとって難しかった
8	今回の授業の感想を自由に書いてください(自由記述)

とピクソンでは、図3のプログラム例に示したように、ほとんどすべての命令が1対1対応される。また、マウス操作やボタン押下によるコード入力支援機能があるため、先行の実践(文献[7])と同様に、課題遂行はおおむね問題なくできると想定した。

指定課題でなく自由課題にすると、様々なオリジナル作品が作成される。ユーモアやシュール感あふれる面白作品も多く作成され、笑いや学習者間の対話を促すことが、これまでの実践から経験的に分かっている。そのうえで、成績評価の対象となりうる課題として、これらの作品を提出したくないという生徒が一定数おり、作品提出を課すことで創造性に富む作品の作成が阻害されることもこれまでの授業実践で分かっている。

そのため今回は、先行の実践(文献[7])のように提出された課題を評価するのではなく、各回の最後に無記名のアンケートを行うに留めた。アンケート評価については次項で解説する。

#### 4.1.2 アンケート評価

質問項目は表3に示す8項目である。質問1~7は、いずれも6段階の回答選択肢を用意した。回答選択肢の内容は、「6.とてもそうである」、「5.かなりそうである」、「4.どちらかというそうである」、「3.どちらかというそうでない」、「2.あまりそうでない」、「1.まったくそうでない」とした。質問8は自由記述形式である。質問1~7の回答結果を図9に示す。

また、質問8の自由記述について、本実践の特徴やねらいがよくとらえられている生徒の記述を選択して表4に示す。

質問1について、すべての回で4以上が90%以上を占めた。また自由記述でも全体的に、「楽しかった」、「面白かった」という質問1を肯定する記述が大半を占めた。楽しみながら受講できることは学習において重要な要素である。

授業での自由作品を作成する実習では、短時間でテーマを設定できることが非常に重要である。質問2の回答結果は比較的良好であった。実際に自由記述からも、第1回の回答1、第3回目の回答2に示すように、人型ピクトグ

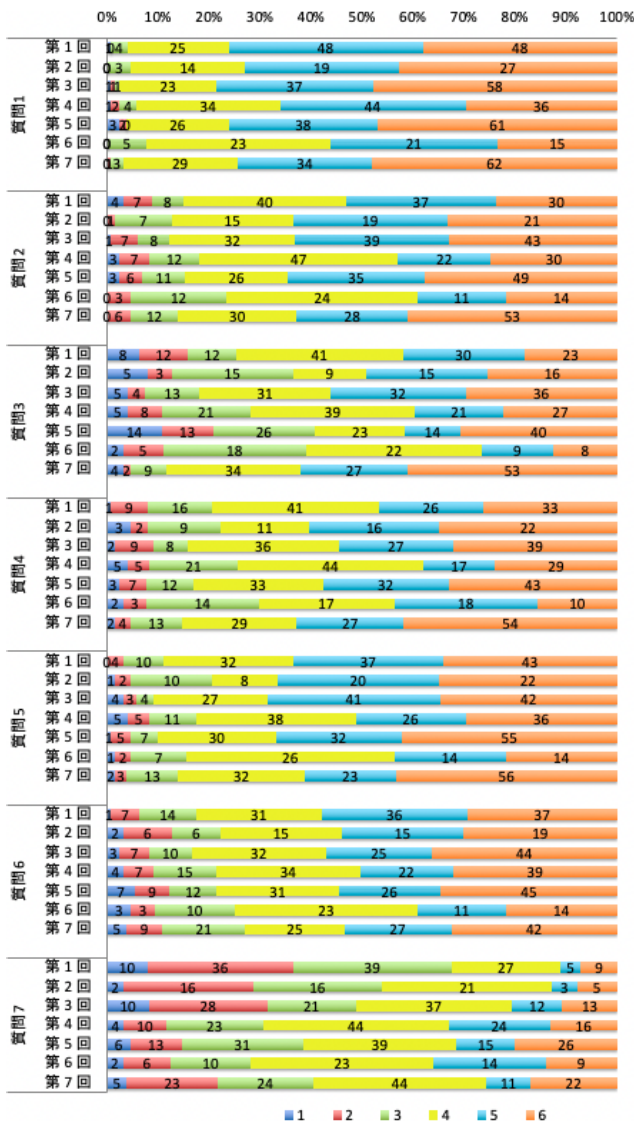


図9 アンケートの回答結果  
Fig. 9 Result of questionnaire.

ラムに自身を投影したり、同一視したりした記述が多く見られたが、それが原因の1つと考えられる。第4回、第6回についてやや質問2の平均値が低い、自由記述の第4回の回答2にあるように、変数やリストの回は、記述が難しかったという回答が複数見られた。質問4の結果も第4回、第6回についてやや平均値が低いのは同様の理由による考えられる。また第6回について、歩行による図形描画は、第5回までのように人の体の部位の動作を記述するのではなく、人の移動の履歴で描画するため、これまでと異なる命令体系であった。また、座標指定による図形描画は、座標系の概念が必要である。そのため、学習単元の内容に準じたテーマ設定をできなかった生徒が少なからずいたことが推測される。

体の動作を意識したかについて聞いた質問3では、第5、6回で他の回に比べ、平均がやや低かった。図形描画の回は、描画される図形に注目が行くため、自身の身体の動き

表4 “今回の授業の感想を自由に書いてください” 抜粋

Table 4 Question 8: “Please freely write your comments about this lesson”.

回	内容
1	回答 1. 自分の体の動きを意識して作れたのでとても楽しかったです。 回答 2. 普段見かける絵記号 (ピクトグラム) を作ることができることを知りました。楽しかったです。
2	回答 1. 仕組みがわかると、この前の授業よりも面白かった。 回答 2. いろいろな動きを文字で表すことができ、人間にはできないような動きもアニメーションで見れて面白かった。
3	回答 1. 繰り返すために何個も命令を書くのではなく、繰り返しをさせる命令の表記があって便利だなと感じました。 回答 2. ピクトグラムに自分になりきって、走っている姿を繰り返しを使いながら学ぶことができた。またいろいろなものをつくって見たいと感じた。
4	回答 1. angle などを使うと書き直さなくて済むので便利だなあと感じました。 回答 2. 変数はわかって、使えるけれど、リストになると書かなければいけない命令も増えて、少し難しく感じました。
5	回答 1. 角度や時間を少し変えるだけで、全く違う図形が出来たのが面白かった。 回答 2. ほかの人が作ったものを見て、どうやってそういうものを作ったのが気になりました。
6	回答 1. ピックが小さくなるのがかわいかった。ピックの動かし方をちゃんと教えてほしい。 回答 2. 記号がたくさんありすぎて、いちいちテキストを見てやるのに時間がかかった。
7	回答 1. 学校やマンション内、街中などでいろいろなピクトグラムを見るけれど、実際作ってみると一目見て伝えるものを作るのは工夫が必要なんだとわかった。 回答 2. ピクト君と別れるのが名残惜しかった。 回答 3. ほかの人の作品がすごくてとても感動した。いいことを学べたと思うので家ででも時間があれば挑戦したいです。

への意識が薄れたのではないかと推測する。

ピクトグラミングシリーズでは、誤った命令を入力すると、人型ピクトグラムが通常の間人ではありえないポーズとなり、それがユーモアさやシュールさを生み出している。そのユーモアさとシュールさについて質問番号5、6は調査した。質問5もすべての回において、4以上の回答が80%以上を占めており、平均の値は高い。ただし第4回、第6回についてはやや低い。これも質問2のところで述べた理由によるものと同様と考えられる。ユーモアは、学習者間のコミュニケーションを促進させる一要素であるという先行研究がある [16]。シュールとは表現や発想が非日常的・超現実的であるさまをいう。質問6の回答から、どの回も7割以上の生徒がシュールさを感じていることが分かる。

難易度に関しては、質問7の回答から評価は1から6まで適度に分散しており、無理のない設定であったと考えられる。

その他、自由記述の第5回の回答2や第7回の回答3にあるように、周囲の生徒の実行の様子が目に入ることに起因する社会的上方比較に関する記述も見られた。ピクトグラムの表現メディアとしての視認性の良さが要因と考えられる。



図 10 提出作品の例  
Fig. 10 Examples of submitted works.

### 4.1.3 作品評価

第7回の授業では、アートとデザインの違いに関する講義に続けて、デザインの観点から自由テーマでアニメーションピクトグラム作品を作成している。作品の中から筆者が主観で良いと評価し選択したいいくつかのピクトグラムを図10に示す。

ピクトグラミングシリーズは、ピクトグラムのデザイン指針に基づいたピクトグラムを作成できるように設計されており、講義で説明したピクトグラムデザインに関する基礎的内容をピクトグラムの作成を通じて体得するという点で、ピクソンは学習者を支援したと考えられる。

一方で、提出されたピクトグラムを見ると、万人が正確に解釈できるデザインに十分になっていないものも少なかつた。今回の実習時間を勘案するとやむを得ないが、他の学習者との相互評価など、リデザインの時間を確保する必要がある。

また、線画で描かれたオブジェクトが移動できないので、アニメーションしたい内容が実現できないという声が聞かれた。そのため線画で描かれたオブジェクトを移動できる機能を実装し公開予定である。

さらに、図6に示したセーフティサインに関する説明が授業中に説明されなかったため、大半の生徒が禁止マークを使ったピクトグラムを作成した。この点に関しては、次節の別の実践で言及する。

## 4.2 情報デザインに主眼を置いた実践

### 4.2.1 概要

2020年6月11日(木)から2020年6月25日(木)に、青山学院大学社会情報学部2年生以上が対象である「社会情報特別講義B」にて、情報デザインをテーマとする授業を実践対象とした。複数教員からなるオムニバス授業であり、担当した2回分の授業で行った。2020年度は、コロナ禍の影響でオンデマンド方式のオンライン授業で実施した。科目登録者は58名である。学生は自宅PC上で授業動画の閲覧および演習を行う。授業実践の概要を表5に

表5 実践の概要

Table 5 Overview of the practices.

	内容	時間・期日
1	1.ピクトグラムに関する講義ビデオ 2.ピクトグラミングシリーズの説明、ピクトグラム作成の注意点、今後のスケジュールについての説明ビデオ	40分 20分
2	1.ピクトグラム作品提出	ビデオ公開～5日後
3	1.他学生作品の批評	7日後～9日後
4	1.批評に基づくピクトグラム作品の変更および考察	10日後～14日後
5	1.授業評価アンケート	10日後～14日後

表6 アンケート項目

Table 6 Questionnaire list.

Q	内容
1	この授業を受けて、ピクトグラムに関する興味が深まった。
2	この授業を受けて、情報デザインについての興味が深まった。
3	この授業を受けて、プログラミングについての興味が深まった。

示す。

約1時間の動画長のオンデマンド公開動画を視聴し、ピクトグラミングを用いてピクトグラム作品の制作を行うよう課題を課した。提出締切りは講義動画公開日から5日後とした。オンデマンド公開動画では、ピクトグラミングシリーズについて一通り紹介した後は、ブロックピクトグラミングで一連の操作デモを行った。これは、プログラミングの学習に一定の時間数が割り当てられた4.1節の実践と異なり、命令がブロック上に自然言語文で書かれているブロックピクトグラミングの利用が想定されると考えたためである。ただし、制作に使用するアプリケーションは、ピクトグラミングシリーズの中からどれを使用してもよいとし、作品制作テーマも自由とした。

すべての受講生は、表5の項2で提出された全員のピクトグラム作品それぞれに対して、(1)その作品のタイトルは何か、(2)その作品のデザインに関するコメントなど(任意)をビデオ公開日から数えて7日目から9日目に入力する(表5の項3)。講義ビデオ公開日から数えて10日後に受講生に対してアンケート内容のフィードバックを公開し、自身の作品に対するコメントを参考に、必要に応じて作品の変更をして、考察などとともにまとめた文書ファイルと授業評価アンケート(提出自由)を、講義ビデオ公開日から換算して14日後を提出期限とした。

### 4.2.2 アンケート評価

授業実践の内容の妥当性を評価する目的で各回の最後に無記名式のアンケートを行った。質問項目は表6に示す3項目である。

質問1~3は、いずれも6段階の回答選択肢を用意した。回答選択肢の内容は、「6.とてもそうである」、「5.かなりそうである」、「4.どちらかというそうである」、「3.どちらかというそうでない」、「2.あまりそうでない」、「1.まっ



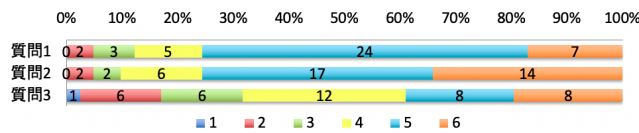


図 11 アンケートの回答結果

Fig. 11 Result of questionnaire.

	(a)	(b)	(c)	(d)
変更前				
変更後				
名称	スマホやりすぎ注意	お酒の飲み過ぎ注意	ヘッドホン・イヤホン禁止	ステイホーム

図 12 提出作品の例

Fig. 12 Examples of submitted works.

たくそうでない」とした。41名より回答があった。

図 11 のアンケート結果から、90%以上の学生が、情報デザインについての興味が深まったと回答している。情報デザインをテーマとした講義としては、興味の喚起の点からは評価できる。一方、講義でピクトグラミングシリーズのプログラミング学習ツールとしての側面は言及しなかったこともあり、プログラミングについて興味が深まったという学生は約 70%にとどまった。それでも一定数の学生が、プログラミングについて興味が深まったと回答した。

#### 4.2.3 作品評価

提出された 48 作品中、表 5「実践の概要」の項 3「他学生作品の批評」で、作成者が設定した作品のタイトルと異なる作品のタイトルを他者が多く設定した作品の中から、筆者の主観で選んだ 4 作品を図 12 (a)~(d) に示す。表 5「実践の概要」の項 4「批評に基づくピクトグラム作品の変更および考察」の前が「変更前」、後が「変更後」である。また、「名称」は、作成者がピクトグラムに設定した名称である。

48 人中、41 人が作品批評で与えられたコメントを参考にピクトグラムを変更した。図 12 (a) は、「スマホ禁止」、「寄りかかりスマホ禁止」などのコメントがあった。そのため変更後は、人型ピクトグラムを仰向けにスマートフォンの操作をしているような態勢に変化させ、スマートフォンを繰り返してタップするアニメーションに変更された。図 12 (b) は、「画面に近づきすぎに注意」や「本の読みすぎに注意」など、所持しているものが正しく伝わっていないコメントが多くあった。そのため変更後は、配置やお酒を表すジョッキの形状が変更された。図 12 (c) は、頭部周辺の音符のため「音漏れ禁止」とするコメントが回答の約 3 割を占めていた。そのため、音符を消す変更がされた。図 12 (d) は、

ちょうど「ステイホーム」が話題になった時期でもあり、過半数以上がピクトグラムの意味を正確に回答した。しかし、「昼寝」や「睡眠」などのコメントも見られたことから、変更後は人型ピクトグラムの姿勢が直立に変更された。

4.1 節の実践と異なり、図 6 に示したセーフティサインに関する説明を行ったため、「指示」や「安全」のピクトグラムの比率が大幅に増えた。また、表 5「実践の概要」の項 4「批評に基づくピクトグラム作品の変更および考察」の考察において、「相互評価により、正しく情報を伝えるピクトグラムを作成する難しさについて気づいた」という趣旨の記述が複数の学生に見られた。

一方で、相互評価は 1 回限りであったため、十分な修正に至らなかったケースや逆に不明瞭な変更がされたケースも散見された。対面授業であれば、コメントをもらいながら PC 上でコンテンツを変更するプロセスを短時間で繰り返して完成させる方式も可能だと考えられる。また、人型ピクトグラムの大きさの変更や消去など、いくつかの操作命令が認知されないままの作成となった形跡が見られる。4.1 節の実践のようにピクトグラミングシリーズの命令体系を学ぶ機会がなかったことと、対面授業のように気軽に質問できない環境だったことが原因と考えられる。

提出されたピクトグラム画像がどの環境で作成されたかについては、48 人中、ブロックピクトグラミング日本語版 14 名、ピクトグラミング日本語版 13 名、ピクトグラミング英語版 1 名、ピクソン 1 名、ジャバスクピクト 1 名、不明 18 名である。不明が一定数いるのは「作成したプログラムを提出せよ」という文言で収集したが、ピクトグラム画像を提出した学生が多く出たためである。マウス操作で作成が完結してしまいプログラムを作成している意識に乏しかったことに加え、ピクトグラムとプログラムの語尾(グラム)が同一なため勘違いしたことが考えられる。命令名が直感的に理解できる点から本実習に関しても、日本語バージョンの利用が好まれた。一方、ブロック形式とテキスト形式の利用は、ほぼ同数であった。本シリーズでは、マウスによる命令の自動挿入機能の存在や、命令群が身体動作や描画系の比較的分かりやすいものであるため、テキスト形式の長所である編集作業の迅速さが一定数の受講者に受け入れられたためと考えられる。

この実践においても、4.1 節の実践と同様に、ピクトグラムデザインに関する基礎的内容をピクトグラムの作成を通じて体得するという点で、ピクトグラミングシリーズは学習者を支援したと考えられる。

## 5. 考察

本章では、4 章で示した授業実践をふまえ、特に授業での利活用の視点を中心に考察する。

高等学校情報科の学習指導要領では、「情報に関する科学的な見方・考え方」を「事象を、情報とその結び付きと

して捉え、情報技術の適切かつ効果的な活用（プログラミング、モデル化とシミュレーションを行ったり情報デザインを適用したりすること等）により、新たな情報に再構成すること」であると整理されている。本論文で提案するアプリケーションのようにピクトグラム作成を通じて、情報デザイン領域に限定されず、プログラミング、モデル化とシミュレーションなどの単元と有機的に関連すれば、情報技術の適切かつ効果的に活用により新たな情報に再構成する手段となりうると考えられる。

ピクトグラミングシリーズでは、部位の回転など基本命令についてはピクトグラム表示領域上のマウス操作でも実現でき、それ以外の命令は、命令文字列を入力することでプログラムを作成するという、段階的に慣れ親しんでいくというコンセプトを入れている。そのため、4.2節の「情報デザインに主眼を置いた実践」では、命令名を知ったうえで入力しないとイケないという制約がユーザビリティの低下を招き、自分の表現したいデザインのピクトグラムを作るうえで障壁となりうることも明らかになった。プログラミングの学習目的と情報デザインの学習目的の両者を同一のインタフェースで満たすことの限界も垣間見えた。今後は、学習用途に応じて最適化されたアプリケーションの開発も進めていく予定である。そのうえで、派生アプリケーションの機能および特性と作成されるピクトグラムの質の関係性に関する厳格な評価方式についても検討していく必要があると考えられる。

高等学校の新学習指導要領では、Python や JavaScript など汎用プログラミング言語を用いての授業が推奨されているが、教育向けに特化したプログラミング言語に比べ、文法や記法が複雑であるため、構文規則の理解の困難さ、つまずきや挫折感にともなう学習意欲の喪失などの問題をはらんでいる。たとえば、同一単元をクラス単位で行う場合も、統一のアプリケーションを強制するのではなく、学習者の熟達度や理解度に応じてピクトグラミングシリーズの中から選択して利用する方法が考えられる。

中学校の「技術・家庭科」でも、2021年度から運用開始される学習指導要領では、計測・制御のプログラミングに加え、インタラクティブなコンテンツを生成するプログラミングも加えられ、プログラミングの比重が高まる。人型ピクトグラムは、四肢二関節のロボットと見なすことができ、ロボット制御のシミュレータソフトウェアとしての活用が想定できる。またピクトグラムというインタラクティブコンテンツ生成の視点のプログラミング環境としても当活用が見込まれる。

小学校においても、小学校第5学年算数「プログラミングを通して、正多角形の意味を基に正多角形をかく場面」が学習指導要領で例示されているが、タートルグラフィックによる描画が主である。一方、2.2.2項で説明したように、本方式では、正多角形を様々なパラダイムで描画でき

る。小学校プログラミング教育の手引（第三版）では、「多様な教科・学年・単元等において取り入れることや、教育課程内において、各教科等とは別に取り入れることも可能であり、児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動を行う必要があります。」とある [8]。

中学校や小学校では、ブロックピクトグラミングまたはピクトグラミングによる授業展開が中心になると考えられるが、すでに Scratch などのブロックプログラミング系のプログラミング環境の操作に長けた児童・生徒も一定数いる。学習者の経験、スキルに応じて、逆にピクソンやジャバスクピクトの利用を許容するという授業設計も可能となる。

プログラミング言語 LOGO を開発した Papert は、子どもが自分自身の体を使ってタートルになったふりをするので、LOGO の命令を実行することができるという特徴に大きな重要性を見出し、これを同調的学習と呼んだ [17]。書籍 [17] では、同調的学習の例として、自分の身体に対する感覚や知識と強く結び付いている「身体同調」、意図や目的、欲求、好き嫌いを持った人間としての自意識と一貫している「自我同調」、そして、文化にしっかりと肯定的に根を張った活動に結び付いている「文化同調」が示されている。公共施設などに掲示されているサイン用途のピクトグラムは、社会や文化的背景を反映した文化同調性の高いコンテンツといえる。また、太田の言説 [5] に従うとすれば、人の身体的活動や感覚、知識に基づくポージングやモーションを人型ピクトグラムで直接表現したコンテンツの作成は、身体や自我と同調する活動となる。つまり人型ピクトグラムは、同調的学習と相性の良いコンテンツと考えられ、これが筆者の先行論文 [7] で示したようにピクトグラミング開発における基本的設計理念の1つになっている。今回のピクトグラミングシリーズで扱っているプログラミング言語の記述は異なっているが、アプリケーションの機能上、この設計理念に基づいた効果は踏襲されることが考えられる。先行論文 [7] でも授業の感想を自由記述で回答してもらったが、今回の 4.1 節の「プログラミング・アルゴリズムに主眼を置いた実践」の自由記述（表 4）でも同様に、同調的学習を喚起させていると見受けられる記述が存在した。

また、学習者にとって普段から慣れ親しんだ興味・関心があるテーマを設定しやすいという点も踏襲されており、これが先行論文 [7] と同様に、限られた実習時間であっても、比較的良好なアンケート評価を得た要因になっていると考えられる。

久野らは日本の情報教育の現状を分析したうえで、初等中等段階を通じた情報教育の必要性を論じ、カリキュラム体系を提案している [18]。ピクトグラミングシリーズは、

人型ピクトグラムという抽象度の高い人間を模した表現が主題であるゆえに、人の日常的活動や社会的活動にリンクしたテーマが教科や教育段階の枠を超えて設定しやすいことが考えられる。

## 6. おわりに

本論文では、ピクトグラミングの長所を継承した、ビジュアルブロックや汎用プログラミング言語によるコード記述が可能な派生アプリケーションについて、機能および、設計・実装方式について解説した。さらに実際の授業実践を例示したうえで、教育機関での授業活用を中心に考察した。

今後は、本論文中で言及したピクトグラミングシリーズの機能追加を進めるとともに、小学生など、対象の範囲をより広げての授業利用や評価実験を通じて、提案アプリケーションの有効性を改めて検証し、改善すべき点を分析、評価していく予定である。

**謝辞** 本研究はJSPS 科研費 20K03160, 21H03560 の助成を受けたものです。また授業の実践および評価の機会を提供いただいた神戸大学附属中等教育学校米田貴先生に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 大野森太郎, 上西綾香, 原田利宣: 色彩表現を用いたピクトグラムにおける視覚言語の抽出とその検証, 日本感性工学会論文誌, Vol.14, No.3, pp.391-400 (2015).
- [2] Mori, Y., Takasaki, T. and Ishida, T.: Patterns in pictogram communication, *Proc. 2009 International Workshop on Intercultural Collaboration (IWIC '09)*, pp.277-280, ACM (2009).
- [3] 上西くるみ, 青木輝勝: ピクトグラムマッチングのための輪郭情報を取り入れた局所形状記述子, 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, Vol.2017-CVIM-205, No.5, pp.1-8 (2017).
- [4] Hassan, M.M.E.: The semiotics of pictogram in the Signage Systems, *International Design Journal*, Vol.5, No.2, pp.301-315 (2015).
- [5] 太田幸夫: ユニバーサル・コミュニケーションデザインの認識と実践, 入手先 (<https://forum8.co.jp/topic/universal107.htm>) (参照 2021-07-10).
- [6] 兼宗 進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井眞吾, 久野 靖: 学校教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」の設計と実装, 情報処理学会論文誌プログラミング, Vol.42, No.12, pp.78-90 (2001).
- [7] 伊藤一成: ピクトグラミング—人型ピクトグラムを用いたプログラミング学習環境, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ, Vol.4, No.2, pp.47-61 (2018).
- [8] 小学校プログラミング教育の手引, 入手先 ([https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm)) (参照 2021-07-10).
- [9] 高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材 (本編), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1416756.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416756.htm)) (参照 2021-07-10).
- [10] 高等学校情報科「情報 II」教員研修用教材 (本編), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/mext\\_00742.html](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00742.html)) (参照 2021-07-10).
- [11] Ito, K.: Block Pictogramming—A Block-based Programming Learning Environment through Pictogram Content

- Creation, *IEEE Global Engineering Education Conference (IEEE EDUCON 2020)*, pp.1669-1673 (2020).
- [12] 伊藤一成: Pictchon (ピクソン)—Pictogramming を用いた Python 言語の学習環境の提案, 情報処理学会情報教育シンポジウム, SSS2019, pp.1-8 (2019).
  - [13] 西田知博, 原田 章, 中西通雄, 松浦敏雄: プログラミング入門教育における図形描画先行型コースウェアが学習に与える影響, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ, Vol.3, No.1, pp.26-35 (2017).
  - [14] Brython, available from (<http://www.brython.info/>) (accessed 2021-07-10).
  - [15] Google Blockly, available from (<https://developers.google.com/blockly/>) (accessed 2021-07-10).
  - [16] Neuliep, J.W.: An examination of the content of high school teachers' humor in the classroom and the development of an inductively derived taxonomy of classroom humor, *Communication Education*, Vol.40, No.4, pp.343-355 (1991).
  - [17] Seymour, P.: *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, Basic Books Inc. (1980).
  - [18] 久野 靖, 和田 勉, 中山泰一: 初等中等段階を通じた情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ, Vol.1, No.3, pp.48-61 (2015).



伊藤 一成 (正会員)

1974 年生。2005 年慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了。博士 (工学)。2005 年青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科助手, 2007 年同助教。2008 年同大学社会情報学部助教, 2010 年同准教授, 2021 年同教授で現在に至る。放送大学教養学部客員教授を兼任。メディア情報学, ウェブ情報学に関する研究に従事。2018 年度本会論文賞受賞, 2018 年度本会山下記念研究賞受賞, 2018 年度本会優秀教材賞受賞。