

ピクトグラムを統一コンセプトとした情報科教育の実践と展望

米田 貴† 伊藤 一成‡

1. はじめに

高等学校で2022年度より学年進行で適用される新学習指導要領では、情報の科学的理解を軸とする「情報 I」が必修科目となる。さらに、情報 I の発展科目である「情報 II」が選択科目となる[1]。科目の学習項目を表 1 に示す。

表 1 「情報 I」, 「情報 II」の学習項目

	内容
情報 I	(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
情報 II	(1)情報社会の進展と情報技術
	(2)コミュニケーションとコンテンツ
	(3)情報とデータサイエンス
	(4)情報システムとプログラミング
	(5)情報と情報技術を活用した問題発見・解決の探求

情報 I, 情報 II のいずれも、文部科学省から教員研修用資料も公開されている[2][3]。それにともない、新学習指導要領を見据えた実践報告は、様々な形で見られるようになってきた。しかし、所定の授業時間数の中で新学習指導要領を充足する授業を完遂するためには、すべての単元を効果的かつ横断的に俯瞰できるシラバス設計や授業設計が重要である。第二著者はこの問題に対処するためピクトグラムコンテンツ作成環境「ピクトグラミング」およびその派生アプリケーションを開発してきた。以下本稿では、これらのアプリケーション及び実践事例を紹介する。その上で、この環境をデザイン、プログラミング、コンテンツ、データ処理等の複眼的視点から定期的に使用したピクトグラムを統一コンセプトとした高等学校情報科の教育の展望について論じる。

2. ピクトグラミングおよび派生アプリケーション

2.1 概要

ピクトグラミング[4]とは、ピクトグラムの作成を通じて、プログラミングの諸概念も学習できるアプリケーションである。Web アプリケーションなので、ブラウザでアクセスするだけで利用できる。プラグインも必要ない。PC へのネイティブアプリケーションやブラウザへのプラグインのインストールが不要なので自宅で学生が各自の端末で授業を受ける際に、インターネット環境さえあればすぐに利用できる。また、PC だけでなく、タブレット端末やスマートフォン上でも動作する。ピクトグラミングのスクリーンショットを図 1 に示す。

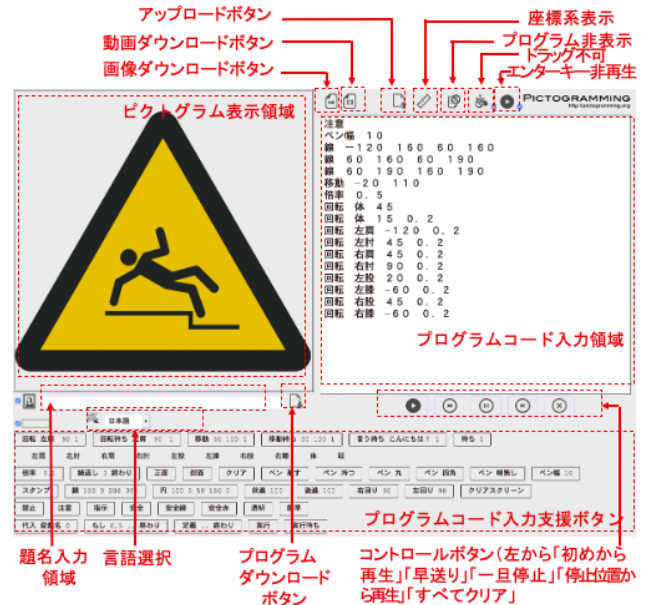


図1 ピクトグラミングのスクリーンショット

図1に示すようにピクトグラミングでは、画面左上の「ピクトグラム表示領域」上での様々なマウス操作や、画面下部に配置されたプログラムコード入力支援ボタンにより、対応した命令を自動的に「プログラムコード入力領域」に追加できる。そのため静止画のピクトグラムは、マウス操作主体で作成できる。一方アニメーション効果を持つ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列に対して、変数等の値を一部キーボードで書き換える。さらに、複雑なピクトグラムを作成する場合は、並列実行、繰返し、条件分岐、関数、変数等の概念を使用する必要がある。このような段階化をスムーズに学習を進めていくスモールステップの工夫を取り入れている。

また、ピクトグラミングでは教育利用を重視しているため、既存の教育向けプログラミング言語[5]にあるように、プログラムは独自仕様であり、英語の略記だけでなく、英語の単語表記、日本語表記、さらには低学齢の利用も想定し、日本語ひらがな表記をサポートしている。

一方で高等学校では、汎用プログラミング言語を用いた授業が想定されている。そこで、プログラムコード記述領域に汎用プログラミングで記述し、実行できる派生バージョン Python 版の「ピクソン(Picthon)」[6]や JavaScript 版の「ジャバスクピクト(JavaScpict)」も用意されている。

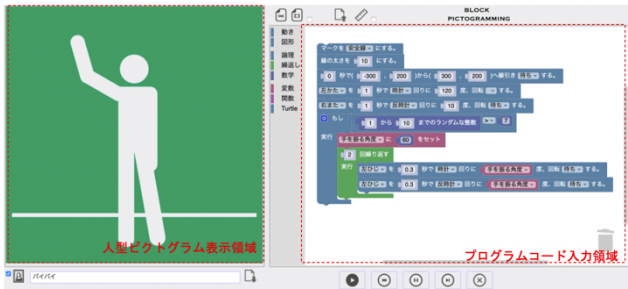
しかし、テキスト型言語によるつまづきや文法エラーによる学習意欲の減退は、プログラミング教育に関する懸念事項になっている[7]。そこで、ブロック型のプログラミング言語で記述できる派生バージョン「ブロックピクトグラミング(Block Pictogramming)」[8]も用意している。記法を覚えなくて良い、文法エラーが発生しないなどの利点がある。テキスト型言語を学ぶ前段階や、プログラミング以外

† 神戸大学附属中等教育学校, Kobe University Secondary School

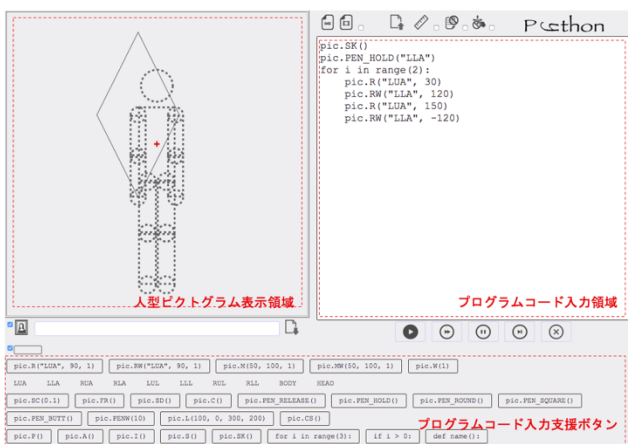
‡ 青山学院大学, Aoyama Gakuin University

の学習単位の中で用いる場合は、この環境を使うことで、設定された学習目的に注力できる。

ブロックピクトグラミングの実行画面のスクリーンショットを図 2(a)、ピクソンの実行画面のスクリーンショットを図 2(b)に示す。これらは図 1 で示したピクトグラミングとほぼ同一のユーザインタフェースを備えている。



(a) ブロックピクトグラミング



(b) ピクソン

図 2. 各種派生アプリケーションのスクリーンショット

各種派生アプリケーションを含め、ピクトグラミングは全てクライアント側でプログラムが実行されるため、学習者の PC の環境整備が困難である教育機関でも利用可能である。

ピクトグラミングおよび各種派生アプリケーションいずれも、<https://pictogramming.org/> よりアクセスでき、自由に利用可能である。

2.2 プログラム記述仕様

人型ピクトグラムの変形及び動きの変化を表現できるアニメーションの機能を実装しており、回転、移動命令の 2 種類の命令を使い分け、さらに逐次実行と並列実行を組み合わせることで、多様な動作を実現可能とする。

また変数定義、繰り返し、条件分岐や関数定義などの制御命令が用意されている。プログラム例を図 3 に示す。

図 3(a)のブロックピクトグラミング版を例に、プログラム例の命令と動作について説明する。1 つ目のブロックの命令は、ブロック内の自然言語で示されているように「左かたを 1 秒で時計回りに 120 度、回転する。」という身体部位に対する回転の命令であり、この通りに動作する。2 つ目のブロックも同時に動作する。2 つ目のブロックには、回転「待ち」という命令が加えられており、これは「待ち」が含まれた命令の実行が終了するまで、次の命令の実行を

開始しないことを意味する。「待ち」を追加または削除するなど組み合わせることで、順次処理と並列処理が表現でき、様々な動きを実現できる。3 つ目のブロックは「1.2 秒で右に 100、上に 20 移動する。」と書かれているように、体全体を平行移動させる命令である。4 つ目のブロックは、このブロックに囲まれた内側の命令を「確率 0.3 で」実行する命令を示している。5 つ目のブロックは、このブロックに囲まれた内側の命令を「2 回繰り返す」命令であり、6 つ目 7 つ目の身体部位に対する回転の命令を行うブロックの実行を 2 回繰り返すという動作をする。つまり 4 つ目から 7 つ目では、左右に左ひじを回転することで 2 回手を振る動作を 30%の確率で実行することを記述している。

図 3(b)のピクトグラミング（日本語）及び図 3(c)のピクソンの命令内容は、図 3(a)のブロックピクトグラミングと同じ出力をする。



(a) ブロックピクトグラミング

```

回転 左肩 -120 1
回転待ち 右股 10 1
移動 100 -20 1.2
確率 0.3
  繰り返し 2
    回転待ち 左肘 -60 0.3
    回転待ち 左肘 60 0.3
  終わり
  終わり

```

(b) ピクトグラミング

```

pic.r("LS", -120, 1)
pic.rw("RC", 10, 1)
pic.m(100, -20, 1.2)
if random.randrange(1, 10, 1) < 3:
  for _ in range(2):
    pic.rw("LE", -60, 0.3)
    pic.rw("LE", 60, 0.3)

```

(c) ピクソン

図 3. ピクトグラミングシリーズのサンプルプログラム

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[9]。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。単純図形の作画は、ピクトグラム作成のプロセスにおいても不可欠である。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、ここで段差のある床を線画で描画している。

ピクトグラミングでは、認知視点の多重化の重要性を踏まえ、認知視点の異なる3種類の描画方式を実装している[10]。正方形の描画を例に3種類の方式による描画を図4に示す。

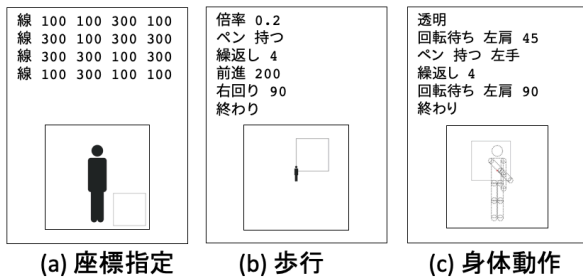


図4 図形描画方式

図4の(a)は、線分描画命令を4回用いて、座標(100,100),(300,300)を対頂点とする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描画する場合の一般的な方式である。

図4の(b)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、タートルグラフィックスと同等である。

図4の(c)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、左手の動きで正方形を描画している。図4の(b)のような歩行の移動の履歴だけではなく、多様で、より日常的な人間の動作、行為に関連させて図形描画することにより、人型ピクトグラムや他の参加者、他の参加者が創作する人型ピクトグラムへの自己同一化を促す。

ISO3864では、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も策定されている。ピクトグラムシリーズではこれに準拠し、通常モードに加え、禁止、注意、指示、安全用のピクトグラムを作るために、単一の命令でこれら6種のモードを設定できる。一覧を図5に示す。



図5. Safety sign の一覧

2.3 同調的学習に根ざした創作・表現活動

ピクトグラムシリーズでは、Papertが重要視する同調的学習[11]を設計指針の一つとしている。図6に作成される作品例を示す。図6の「(1)走る」、「(2)手をあげる」のような自分の身体に対する感覚や知識と強く結びついている(身体同調)作品、図6の「(3)キューピット」「(4)人気アニメキャラクターのポーズ」のような意図や目的、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)作品、図6の「(5)歩きスマホ禁止」「(6)ドアはノックしましょう」など文化にしっかりと肯定的に根を張った活動に結びついている(文化同調)作品など同調的学習に直結した作品が作成されるのが大きな特徴である。

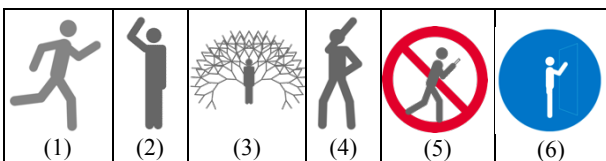


図6. 同調的学習に直結した作品の例

ピクトグラムでは、画面左上の「ピクトグラム表示領域」上での様々なマウス操作や、画面下部に配置された

プログラムコード入力支援ボタンを押すことで、対応した命令を「プログラムコード入力領域」に追加できる。そのため大半の静止画のピクトグラムは、マウス操作だけでも作成できる。一方、アニメーション効果を持つ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列に対して、変数等の値の一部キーボードで書き換える。さらに、複雑なピクトグラムを作成する場合は、並列実行、繰り返し、条件分岐、関数、変数等の概念を使用する必要がある。このような段階化により学習を進めていくスモールステップの工夫を取り入れている。

3. 授業実践

神戸大学附属中等教育学校に通う中等1年生～4年生にピクトグラミングおよびピクソンを用いて授業実践をした。ブロックピクトグラミングについては、実践時点において開発前であったため、利用していない。

神戸大学附属中等教育学校では春学期と秋学期の2期制を採用しており、2019年度のカリキュラムでは技術家庭科(技術分野)と情報科の教育課程における各学年の1週間あたりの授業時数は表2の通りである。

表2 各学年における1週間あたりの授業時数

	春学期 週ごとの授業時数	秋学期 週ごとの授業時数
1年生	技術 1時間	技術 1時間
2年生	技術 2時間	技術 1時間
3年生	情報 2時間	
4年生		情報 2時間

2019年度に授業実践をした学年は1～4年生の4学年である。1年生から3年生は2019年度に初めてピクトグラミングまたはピクソンに触れる。4年生のみ2018年度も授業でピクトグラミングに触れたことがある。

1年生(122名、3クラス)ではまだPCの操作に不慣れた生徒も多いため、ピクトグラミングを用いてマウス操作のみでピクトグラムを作り、生活や社会、環境との関わりを踏まえた技術の概念の習得を主眼に授業実践を行った。実践の概要を表3に示す。

表3 1年生の実践の概要(3コマ)

回	内容	時間(分)
1	1.ピクトグラムに関する講義	30
	2.ピクトグラミングの操作方法	15
2	1.自由制作(アートの観点から)	45
3	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

1年生は、PC操作に慣れると共に、第2回では自由にピクトグラムを作る過程でPC操作に慣れ、第2回では社会で役に立つピクトグラムを制作した。伝えるべきメッセージについて思案し、情報の受け手に伝わりやすいピクトグラムについて構想を練り、そのピクトグラムを実現するための操作について試行錯誤を繰り返す活動を行った。

2年生(120名、3クラス)は1年次にピクトグラミングをしていないため、1年生と同様にピクトグラムに関する講義から開始した。2年生を対象とした実践の概要を表4に示す。

表4 2年生の実践の概要 (4コマ)

回	内容	時間(分)
1	1.ピクトグラムに関する講義	30
	2.ピクトグラミングの操作方法	15
2	1.逐次実行,並列実行	45
3	1.アートとデザインの違いに関する講義	10
	2.自由制作 (アートの観点から)	35
4	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

2年生は、ピクトグラミングを用いてキーボードによる入力でピクトグラムを作り、プログラミングの諸概念を体得することを主眼に授業実践を行った。GUIに慣れている生徒が多い中でコマンドを入力しピクトグラムを操作にも慣れるとともに、逐次実行や並列実行の差異を出来上がるピクトグラムからビジュアル的に学んだ。

3年生(130名,4クラス)も2年生と同様にこれまでにピクトグラミングをしていないため、ピクトグラムに関する講義から開始した。3年生を対象とした実践の概要を表5に示す。

表5 3年生の実践の概要 (7コマ)

回	内容	時間(分)
1	1.ピクトグラムに関する講義	30
	2.ピクソンの操作方法	15
2	1.逐次実行,並列実行	45
3	1.逐次実行,並列実行(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(図4の(c))	45
6	1.歩行による図形描画(図4の(b)),座標指定による図形描画(図4の(a))	45
	2.自由制作 (デザインの観点から)	35

3年生は、ピクトグラミングではなくピクソンを用いてピクトグラムを作り、プログラミングの諸概念とPython言語の記法を体得することを主眼に授業実践を行った。第1回から4回までの授業で基本的な記法について学び、第5回と第6回は課題を提示し、これまで学んだプログラミングの概念を確認する回とした。

4年生(110名3クラス)については2018年度にピクトグラミングに触れており、ピクトグラムそのものに関する講義は省いた上で、ピクソンを用いて実践を行なった。4年生を対象とした実践の概要を表6に示す。

表6 4年生の実践の概要 (6コマ)

回	内容	時間(分)
1	1.ピクソンの操作方法	5
	2.逐次実行,並列実行	40
2	1.逐次実行,並列実行(復習)	10
	2.繰返し	35
3	1.変数,リスト	45
4	1.身体動作による図形描画(図4の(c))	45
5	1.歩行による図形描画(図4の(b)),座標指定による図形描画(図4の(a))	45
6	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

4. 展望

神戸大学附属中等教育学校が2020年度よりSSHに採択されたこともあり、情報科の授業は「探求情報」として開講している。これは情報Iに加え情報IIの内容も取り入れた内容として設計している。

文部科学省から公開されている教員研修用資料[2][3]を見ると、情報Iでは応用的なプログラムを活用するような内容や、量的・質的にデータを分析するなどこれまでの教育課程と比べるとより発展的な内容が多い。情報IIでも大量のデータの収集と整理・整形を行うなど、基本的なプログラムの記法の習得は前提であり、プログラムやデータベースを実践的に活用することに授業時数の多くを充てた方が望ましいことが伺える。また項目としても表1にあるように情報Iでは4項目、情報IIでは5項目ある。2単位という限られた時間で広い分野で、発展的で幅広い内容を学習する上で、中学校技術家庭科(技術分野)と情報科で連携することが重要と考える。連携を実現するためピクトグラムを統一的なコンセプトとした設計で授業を行う。また色んなアプリのインターフェイスや操作を習得するだけでも学習者が習得するうえで一定の時間が掛かることが想定されるため、情報I・情報IIのそれぞれの項目においても、単元を超えて横断的にピクトグラムを活用することで、限られた時間でより発展的な内容に踏み込めるようカリキュラム設計を進める。

参考文献

- [1] 高等学校学習指導要領解説【情報編】
https://www.mext.go.jp/content/1407073_11_1_2.pdf
- [2] 高等学校情報科「情報I」教員研修用教材(本編)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416756.htm
- [3] 高等学校情報科「情報II」教員研修用教材(本編)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00742.html
- [4] 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 TCE, Vol.4 No.2 pp.47-61 (2018)
- [5] 兼宗進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井真吾, 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, p.78-90 (2001)
- [6] 伊藤一成: Picthon (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, (2019)
- [7] Essi Lahtinen, Kirsti Ala-Mutka, and Hannu-Matti Järvinen. 2005. "A study of the difficulties of novice programmers." In *Proceedings of the 10th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '05)*, pp.14-18 (2005)
- [8] Kazunari Ito: Block Pictogramming -A Block-based Programming Learning Environment through Pictogram Content Creation-, IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2020), pp.1669-1673 (2020)
- [9] 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, p.26-35 (2017)
- [10] Kazunari Ito: Figure Drawing Method Based on Human Motion using Pictogramming, IEEE TALE (2019)
- [11] Papert, S. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books Inc (1980)