

ピクトグラミングの自然言語文によるプログラム入力機能の実装

石井 幹大† 伊藤 一成‡

1. はじめに

我々の研究グループでは、人型ピクトグラムを用いたコンテンツ作成環境「ピクトグラミング (Pictogramming) ^{a)}」を提案し、Web で公開している。ピクトグラミングは、ピクトグラムとプログラミングを合わせた造語である。ピクトグラミングは、プログラミング学習環境の側面も有し[1]、様々な文脈で利用されている。

ピクトグラミングは、ピクトグラムを作るという目的指向で設計されているため、汎用プログラミング言語に比べ、定義されている命令も少なく、機能が限定されている。そのため、学習コストをあまり掛けなくても、ピクトグラムの作成を通じてプログラミングの諸概念の理解が達成できるという利点を有する。

近年、日本人に対する英語教育、外国人に対する日本語教育の需要が高まっており、機能を拡張し、自然言語文入力による学習環境を構築する意義は高いと考えられる。そこで、本稿では、ピクトグラミングに日本語、英語による自然言語文による入力機能を実装したので、報告する。

以下 2 章で、開発の背景と動機を説明したのち、3 章でピクトグラミングの概要を示す。4 章で、今回実装した機能について説明し、5 章で有用性や利用可能性を中心に考察し、まとめる。

2. 背景

はじめに、外国語学習について述べる。

第一に、日本における英語教育については、グローバル化の進展に伴い、この先ますます盛んになることが見込まれている。次期学習指導要領では、聞くこと、読むこと、読むこと、話すこと、書くこと的能力を一体的に育成することが目標とされており、小学校では、2020 年度から 3 年生で外国語活動 (英語) が必修化、5 年生では外国語活動 (英語) が教科化され[2]、中学校では 2021 年度から、高等学校では 2022 年度から、授業は英語で行うことが基本とされている[3][4]。しかし、言語学習にとって最も大切なことは、周囲の環境ではなく、学ぶ側の主体性であり[5]、学習者の学習意欲を向上・喚起することが大切であると言われている[6]。そして、英語力の向上には、学習者の自律性を高め、「英語の使用」を通して課外学習をすることが重要であるという主張が大きな潮流を占めている[7]。

第二に、外国人の日本語学習について述べる。世界で実施されている日本語教育について調査をしている国際交流基金によると、2015 年度の調査では、日本語は、137 の国と地域で 3,655,024 人に学ばれており、調査を開始した 1979 年と比較して、学習者数は 28.7 倍に増加した[8]。また、文化庁の調査によると、2017 年 11 月 1 日現在、日本国内における日本語学習者数は 239,597 人であり、1990 年の調査と比較して、4.0 倍に増加した[9]。前段落で、「英語力の向上には、学習者の自律性を高め、『英語の使用』を通して課外学習をすることが重要である」と述べたが、このことは、外国語学習全般において言われており、原田は、外国語学習者が効果的な学習ストラテジを身につけ、

自律した学習を目指すことが重要になると述べている[10]。しかし、日本語学習者にとって、漢字の学習など、困難を感じる場面は多く、視聴覚的な補助教材を取り入れることで、その障壁をなくす必要がある[11]、実際に絵本を取り入れることで、学習者の情意面と言語習得面にプラスの効果があることが明らかにされている[12]。

次に、プログラミング教育は、小学校、中学校、高等学校のいずれにおいても必修化されることが次期学習指導要領で示されており[2][3][4]、外国語学習と同様に、この先ますます盛んになることが見込まれている。しかし、プログラミング教育では、興味関心の欠落、構文規則の理解の困難さ、つまづきや挫折感に伴う学習意欲の喪失などが長年問題視されており[13][14][15]、研究が進められている。

岡本らは、プログラミングの概念理解に関して、出力の動作が物理的現象として見えるだけでなく、学習者がそれを認識していなければ、学習上の効果が期待できないと述べ、視覚的に顕在化することの重要性を指摘している。そして、視覚的顕在化を“視認性”、“判別性”、“予測可能性”、“独立性”の 4 つの状態から評価して有効性を示し、プログラミング教材作成の際の指標として提案している[16]。表 1 に、岡本らが提示する提示する、4 つの状態とその具体的方法を示す。

表 1 視覚的顕在化と具体的解決方法[16]

視覚的顕在化の 4 つの状態	具体的解決方法
視認性 (大きさ, 速さなどが視認可能な動作である)	表示サイズや動作速度を適切に変更する。
判別性 (周囲の視覚的要素を区別して認識可能である)	表示位置を分離するか, 他の視覚的要素から際立たせる。
予測可能性 (動作および動作位置が予測できる)	事前に明示するか, 既存の知識や経験をもとに, 容易に予測できるようにする。
独立性 (他の命令に基づく動作と区別)	複数の動作を区別が可能なたちに分離する。

また、西田らは、岡本らの指標[16]を例に出した上で、プログラミング入門教育についての研究結果を示し、図形描画の課題を取り入れたコースウェアの方が、図形描画の課題がないコースウェアよりも、理解度や楽しさを下げることなく学習できることを明らかにしている[17]。

3. ピクトグラミング

3.1 概要

ピクトグラミングは、人型ピクトグラムに着目したコンテンツ作成環境である。ピクトグラムとは、世界共通の記号表現として、世界中で用いられている図記号であり、“視認性”と“判別性”を重視して作成されるグラフィックシンボルである。実際に、代表的なピクトグラムの 1 つである「非常口」は、瞬間照明下の認知テストや煙の中で

† 青山学院大学大学院社会情報学研究所

‡ 青山学院大学社会情報学部

^a <https://www.pictogramming.org/editor/>

の視認効果をはじめ、5種類の科学的評価実験をもとに、形の整理や単純化の程度の違いなどのバリエーションを制作して、最終的にデザインが策定された[18].

ピクトグラミングでは、人型ピクトグラムを人間の動作に模倣して動かす。ピクトグラミングの出力は、作成者自身の動作と連関している。また、ピクトグラムは、社会問題や社会規範を表現するという特性を有するため、高い“予測可能性”が期待できる。

ピクトグラミングでは、人型ピクトグラムの動作を、プログラムの命令と細粒度で対応させることで、高い“独立性”も実現している。

3.2 実装方式

HTML5, CSS, JavaScript を用いて実装されている。人型ピクトグラムの表示・操作部に限り Processing で実装し、Processing のソースコードを実行可能な JavaScript ライブラリである Processing.js を用いて実行している。

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。またブラウザのプラグインを一切使用しない純粋な Web アプリケーションである。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教育機関によっては禁止されている場合があるため、このような実装方式とした。日本の教育機関での利活用を重視しており IE (Internet Explorer) でも動作するように実装されている。図1に、PC のブラウザで、ピクトグラミングにアクセスした場合のスクリーンショットを示す。

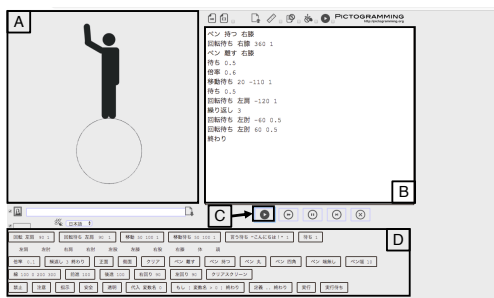


図1 ピクトグラミングのスクリーンショット

画面は、大きく3つの領域から構成されている。図1において、領域Aは実行結果を出力する「人型ピクトグラム表示パネル」、領域Bはプログラムを入力する「プログラムコード記述領域」、領域Dは「命令入力支援ボタン」である。命令入力支援ボタンを押下するとボタンのラベルに記述されているプログラム文字列が、プログラムコード記述領域上のカーソル位置に挿入される。また、ボタンCは、「実行ボタン」であり、プログラムコード記述領域に記述した命令を実行し、人型ピクトグラム表示パネルに表示されている人型ピクトグラムを動かすことができる。

人型ピクトグラム表示パネルには、ISO 3864 で定義されているサイズ比に準拠したピクトグラムが表示される。人型ピクトグラムの形状を図2に示す。ピクトグラミングでは、身体の一部名あるいは関節名を指定して、人型ピクトグラムの動作や状態を決定する。図2において、上側の画像は部位の名称一覧であり、下側の画像は関節の名称一覧である。

ピクトグラミングは、人型ピクトグラムの変形およ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いる。これを総称して「ピクトアニメーション」という。また画面上に表示される人型ピクトグラムの身体の一部の移

動の軌跡を図として表示する機能も有し、これを総称して「ピクトグラフィックス」という。図3に、ピクトアニメーション（左側）とピクトグラフィックス（中央）の対比を示す。ピクトグラフィックスとピクトアニメーションの両方を実装することで、図3右側に示すような、人型ピクトグラムの姿勢、動作と描画図形に関する両方の知識と経験に基づいた作品が生成可能となる。

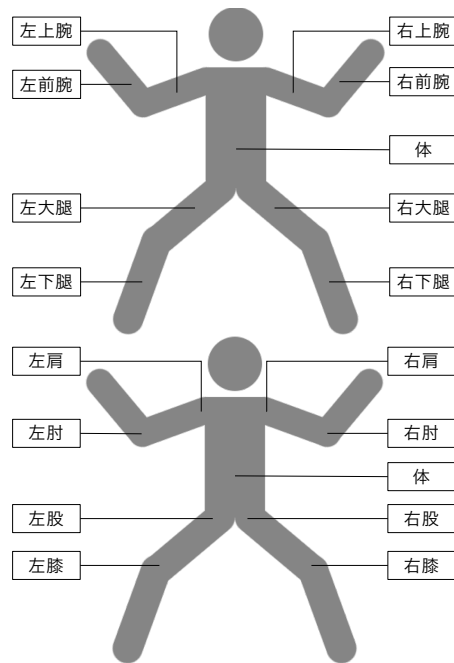


図2 部位に基づく名称（上側）と関節に基づく名称（下側）

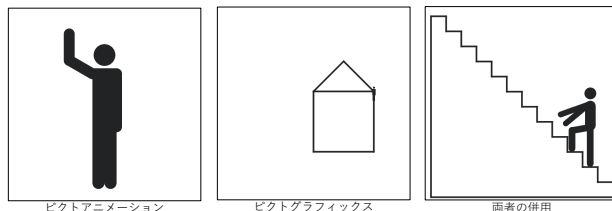


図3 ピクトアニメーションとピクトグラフィックス

3.3 プログラム例と実行方法

プログラムは「プログラムコード記述領域」に入力する。プログラムに用いる命令は、先頭に命令コードを記述し、空白文字を挟んで、続けて引数列を空白文字で区切って列挙する。図4に命令の書式を示す。

命令コード	引数1	引数2
-------	-----	-----

図4 命令の書式

代表的な命令を、表2に示す。命令列は、一般的なプログラミング言語と同様に、上から実行される。

命令コードは、英語の略記だけでなく、英語の単語表記ができる。さらに、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[19]や日本語プログラミング環境[20]にあるように、日本語表記、さらには低年齢の利用も想定し、日本語ひらがな表記をサポートしている。

「回転」、「回転待ち」、「移動」、「移動待ち」は、ピクトアニメーションの主となる命令であり、これらの命令を使い分けることで、逐次実行と並列実行を組み合わせた、多様な動作が実現可能となる。ピクトグラフィックスで主となる命令は、「ペン」である。「ペン」には、描画の有無を指定できる命令や、身体の部位や関節を指定してペンを持たせ、その部位や関節の動きの変化の履歴を描画する命令が実装されている。いずれの命令においても、命令の名称や引数は、既存の知識や経験をもとに容易に予測できるように配慮している。さらに、命令と人型ピクトグラムの動きが細粒度で関連付くようにした。

プログラム例を図5に示す。図5のプログラムは、「人型ピクトグラムが、自身の右膝で描いた円の上に乗る、左腕を上げ、左前腕を3回振る」コンテンツを作成するためのものであり、3.2節 図1の人型ピクトグラム表示パネルの表示は、図5のプログラムを実行した際のワンショットである。プログラムの実行は、3.2節でも述べたように、実行ボタンをクリックすることによっても可能であるが、文法エラーが発生していなければ、カーソルがプログラムコード記述領域に位置する際に、エンターキーを押下することでも、行うことができる。

01	ペン 持つ 右膝
02	回転待ち 右膝 360 1
03	ペン 離す 右膝
04	待ち 0.5
05	倍率 0.6
06	移動待ち 20 -110 1
07	待ち 0.5
08	回転待ち 左肩 -120 1
09	繰り返し 3
10	回転待ち 左肘 -60 0.5
11	回転待ち 左肘 60 0.5
12	終わり

図5 プログラム例

英語、日本語ひらがな表記のサポートは、引数列についても同様であり、数値や空白文字が全角文字で表記されていても、半角文字が入力されていると想定し、動作する。例えば、図5中の2行目の「回転待ち 右膝 360 1」は、「RotateWait RightKnee 360 1」や「RW RK 360 1」、「かいてんまち みぎひざ 360 1」と入力しても、同様に動作する。表2に示した命令と、図2に示した部位や関節の名称の英語表記の対応を、表2に示す。

表2 代表的な命令一覧

命令の様式	処理
回転 引数1 引数2 [引数3] [引数4]	引数4秒後に引数1で指定される身体の部位を反時計回りに引数2度だけ引数3秒かけて支点を中心に等速回転する。引数4が省略された時は、引数4に「0」が、引数3、引数4の両方が省略された時は、いずれも「0」が入力されているものとして取り扱う。
回転待ち 引数1 引数2 [引数3]	引数1で指定される体の部位を反時計回りに引数2度だけ引数3秒かけて支点を中心に等速回転する。回転が終了するまで次の命令は実行されない。
移動 引数1 引数2 [引数3] [引数4]	引数4秒後に引数3秒かけてx軸正方向に引数1ピクセル、y軸正方向に引数2ピクセルだけ全体を等速直線移動する。引数4が省略された時は、引数4に「0」が、引数3、引数4の両方が省略された時はいずれも「0」が入力されているものとして取り扱う。
移動待ち 引数1 引数2 引数3	引数3秒かけてx軸正方向に引数1ピクセル、y軸正方向に引数2ピクセルだけ全体を等速直線移動する。直線移動が終了するまで次の命令は実行されない。
待ち 引数1	引数1秒何もせずに待つ。「待ち」が終了するまで次の命令は実行されない。
倍率 引数1	人型ピクトグラムの拡大率を引数1にする。(標準は「1」)
ペン 引数1 [引数2]	引数1が「離す」の場合、ペンを離す。「持つ」の場合、ペンを持つ。ペンの動作を行う身体の部位または関節の名称を「回転」、「回転待ち」命令と同様の表記で引数2に指定できる。引数2が省略された場合は「体」が記述されているものとみなされる。
繰り返し 引数1	対応する「終わり」までの命令を引数1回繰り返す。
終わり	「繰り返し」の終了を示す。
透明	人型ピクトグラムを縁取りの透明表示に変更する。この状態で再度命令すると、元に戻る。

表3 命令コードと部位や関節名称の表記の対応

日本語	にほんご	英語略記	英語
回転	かいてん	R	Rotate
回転待ち	かいてんまち	RW	RotateWait
移動	いどう	M	Move
移動待ち	いどうまち	MW	MoveWait
待ち	まち	W	Wait
倍率	ばいりつ	SC	Scale
ペン	ぺん	PEN	PEN
離す	はなす	RELEASE	RELEASE
持つ	もつ	HOLD	HOLD
繰り返し	くりかえし	REPEAT	REPEAT
終わり	おわり	END	END
透明	とうめい	SK	Skeleton
左上腕	ひだりじょうわん	LUA	LeftUpperArm
左前腕	ひだりぜんわん	LLA	LeftLowerArm
左大腿	ひだりだいたい	LUL	LeftUpperLeg
左下腿	ひだりかたい	LLL	LeftLowerLeg
右上腕	みぎじょうわん	RUA	RightUpperArm
右前腕	みぎぜんわん	RLA	RightLowerArm
右大腿	みぎだいたい	RUL	RightUpperLeg
右下腿	みぎかたい	RLL	RightLowerLeg
左肩	ひだりかた	LS	LeftShoulder
左肘	ひだりひじ	LE	LeftElbow
左股	ひだりまた	LC	LeftCrotch
左膝	ひだりひざ	LK	LeftKnee
右肩	みぎかた	RS	RightShoulder
右肘	みぎひじ	RE	RightElbow
右股	みぎまた	RC	RightCrotch
右膝	みぎひざ	RK	RightKnee
体	からだ	BODY	BODY

4. 自然言語文によるプログラム入力機能の実装

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。そこで本提案では、自然言語文の入力に対し、対応するプログラム文字列を標準出力するプログラムを実装した。

4.1 日本語文による命令入力方法

日本語の自然言語文による命令入力例を、表 4 に示す。自然言語文による命令入力を可能にするため、元来のピクトグラミングではサポートされていない、単位（「秒」、「度」など）の入力を必須とした。また、助詞（「に」、「を」など）や、引数の順序を入れ替えた入力も許容しており、例えば、「回転待ち 引数1 引数2 [引数3]」は、表 4 に示した「引数1 を 引数2 度、[引数3 秒で]回転して待つ。」だけでなく、「引数1 を[引数3 秒で] 引数2 度、回転して待つ。」や「[引数3 秒で]引数1 を 引数2 度、回転して待つ。」といった入力も可能である。

図 6 に、図 5 に示したプログラムを、日本語の自然言語文によって入力した際の一例を示す。なお、図 6 では、視認性を考慮して、命令ごとに改行をしているが、実際に命令を入力する際は、改行をしなくてもよい。

表 4 自然言語文による命令入力例（日本語）

入力例	変換後の命令
[引数4 秒後に、]引数1 を引数2 度、[引数3 秒で]回転する。	回転 引数1 引数2 [引数3 [引数4]]
引数1 を 引数2 度、[引数3 秒で]回転して待つ。	回転待ち 引数1 引数2 [引数3]
[引数4 秒後に、]縦に 引数1、横に 引数2、[引数3 秒で]移動する。	移動 引数1 引数2 [引数3 [引数4]]
縦に 引数1、横に 引数2、引数3 秒で移動する。	移動待ち 引数1 引数2 引数3
引数1 秒待つ。	待ち 引数1
倍率を引数1 倍にする。	倍率 引数1
[引数2 の]ペンを 引数1 (離す)。 [引数2 に]ペンを 引数1 (持つ)。	ペン 引数1 [引数2]
引数1 回繰り返す。	繰り返し 引数1
終わりにする。	終わり
透明にする。	透明

右膝にペンを持つ。
右膝を 360度、1秒で回転して待つ。
右膝のペンを離す。
0.5秒待つ。
倍率を 0.6倍にする。
1秒で縦に 20、横に-110移動して待つ。
0.5待つ。
左肩を 1秒で-120度回転して待つ。
3回繰り返す。
0.5秒で左肘を-60度回転して待つ。
0.5秒で左肘を 60度回転して待つ。
終わりにする。

図 6 日本語の自然言語文によるプログラム入力例

4.2 英語文による命令入力方法

英語の自然言語文による命令入力例を、表 5 に示す。4.1 節でも述べたように、自然言語文による命令入力を可能にするため、元来のピクトグラミングではサポートされていない、単位（「seconds」、「degrees」など）の入力を必須とした。また、前置詞（「in」、「to」など）の入力や、引数の順序を入れ替えた入力も許容しており、例えば、「M arg1 arg2 [arg3 [arg4]]」は、表 5 に示した「[After arg4 seconds.] move (arg1, arg2) pixels [in arg3 seconds].」だけでなく、「Move (arg1, arg2) pixels [in arg3 seconds] [after arg4 seconds].」といった入力も可能である。

図 7 に、図 5 に示したプログラムを、英語の自然言語文によって入力した際の一例を示す。なお、図 6 と同様に、図 7 では、視認性を考慮して、命令ごとに改行をしているが、実際に命令を入力する際は、改行をしなくてもよい。

表 5 自然言語文による命令入力例（英語）

入力例	変換後の命令
[After arg4 seconds.] rotate arg1, arg2 degrees [in arg3 seconds].	R arg1 arg2 [arg3 [arg4]]
Rotate arg1, arg2 degrees [in arg3 seconds] and wait.	RW arg1 arg2 [arg3]
[After arg4 seconds.] move (arg1, arg2) pixels [in arg3 seconds].	M arg1 arg2 [arg3 [arg4]]
Move (arg1, arg2) pixels in arg3 seconds and wait.	MW arg1 arg2 arg3
Wait arg1 seconds.	W arg1
Change scale to arg1 times.	SC arg1
arg1 a pen [at arg2].	PEN arg1 [arg2]
Repeat arg1 times.	REPEAT arg1
End.	END
Change to skeleton mode.	SK

Hold a pen at right knee.
Rotate right knee 360 degrees in 1 second and wait.
Release a pen at right knee.
Wait in 0.5 seconds.
Change scale to 0.6 times.
Move (20, -110) pixels in 1 second and wait.
Wait in 0.5 seconds.
Rotate -120 degrees in 1 second and wait.
Repeat 3 times.
Rotate left elbow -60 degrees in 0.5 seconds and wait.
Rotate left elbow 60 degrees in 0.5 seconds and wait.
End.

図 7 英語の自然言語文によるプログラム入力例

4.3 実装画面

図 8 に、PC のブラウザで、本提案を実装したピクトグラミングにアクセスした際のスクリーンショットを示す。

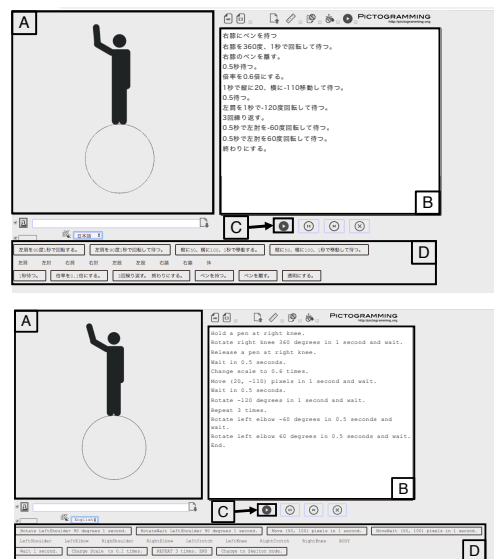


図 8 自然言語文による命令入力機能を実装したピクトグラミングのスクリーンショット

図 8 の上側は、日本語文での命令入力をする際のスクリーンショットであり、下側は、英語文での命令入力をする際のスクリーンショットである。画面の構成は、図 1 で示した、従来のピクトグラミングと同様であり、大きく 3 つの領域から成る。領域 A は実行結果を出力する「人型ピクトグラム表示パネル」、領域 B はプログラムを入力する「プログラムコード記述領域」、領域 D は「命令入力支援ボタン」である。命令入力支援ボタンには、従来のピクトグラミングとは異なり、自然言語文が記述されている。また、ボタン C は、「実行ボタン」である。

5. まとめと今後の展望

人型ピクトグラムを用いたコンテンツ作成環境「ピクトグラミング」に日本語、英語による自然言語文による入力機能を実装した。自然言語文の入力を可能にしたことにより、今日需要が高まっている、日本人に対する英語教育、外国人に対する日本語教育に、ピクトグラミングを活用できる可能性を示した。

今後は、英語学習者の日本人や日本語学習者の外国人を対象に実験を行い、本提案の有効性を検証する予定である。

参考文献

- [1] 伊藤一成. (2018). 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 (TCE), 4(2), 47-61.
- [2] 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2019/03/18/1413522_001.pdf (2019 年 7 月 10 日閲覧)
- [3] 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2019/03/18/1413522_002.pdf (2019 年 7 月 10 日閲覧)
- [4] 高等学校学習指導要領 http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2018/07/11/1384661_6_1_2.pdf (2019 年 7 月 10 日閲覧)
- [5] 山田雄一郎. (2005). 英語教育はなぜ間違えるのか. 筑摩書房.
- [6] 甲田直喜, 遠藤祥雄. (2006). 英語学習における意欲の向上. *dialogos*, 6, 111-129.
- [7] 酒井志延. (2008). 英語教育における自律した学習者養成と ICT. *メディア教育研究*, 5(1), 45-56.
- [8] 国際交流基金 - 2015 年度 海外日本語教育機関調査 https://www.jpf.go.jp/j/project/japanese/survey/result/dl/survey_2015/all.pdf (2019 年 7 月 10 日閲覧)
- [9] 平成 29 年度国内の日本語教育の概要 | 文化庁 http://www.bunka.go.jp/tokei_hakusho_shuppan/tokeichosa/nihongokyoiku_jittai/h29/pdf/r1396874_01.pdf (2019 年 7 月 10 日閲覧)
- [10] 原田早苗. (1998). 効果的な外国語学習ストラテジーとは?. *フランス語教育*, 26, 57-63.
- [11] 寺朱美, 桑山正彦, 落水浩一郎, 加納千恵子. (1995). ハイパーカードを利用した漢字学習支援システム. *日本語教育方法研究会誌*, 2(1), 2-3.
- [12] 渡邊奈緒子. (2016). 外国語学習における絵本多読の効果—絵本多読の経験がある学習者へのインタビュー—. *一橋大学国際教育センター紀要*, 7, 71-82.
- [13] 岡本雅子. (2015). ペタ語義: はじめてのプログラミングとつまずき. *情報処理*, 56(6), 580-583.
- [14] 長谷川聡, 山住富也. (1998). プログラミング教育と学習者のイメージ形成 (その 2). *名古屋文理短期大学紀要*, 23, 9-14.
- [15] Lahtinen, E., Ala-Mutka, K., Järvinen, H. M. (2005). A study of the difficulties of novice programmers. *Acm Sigcse Bulletin*, 37(3), 14-18.
- [16] 岡本雅子, 村上正行, 吉川直人, 喜多一. (2013). 「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 (教育実践研究論文). *日本教育工学会論文誌*, 37(1), 35-45.
- [17] 西田知博, 原田章, 中西通雄, 松浦敏雄. (2017). プログラミング入門教育における図形描画先行型の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 (TCE)*, 3(1), 26-35.
- [18] 太田幸夫: 国際安全標識ピクトグラムデザインの研究 <http://www.tamabi.ac.jp/soumu/gai/hojo/seika/2003/kyoudou-ota1.pdf> (2019 年 7 月 11 日閲覧)
- [19] 兼宗進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井真吾, 久野靖. (2001). 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.
- [20] 酒徳峰章. (2011). 日本語プログラミング言語「なでしこ」. *コンピュータソフトウェア*, vol 28, no.4 pp.23-28.