

ピクトグラミングへの自然文入力および音声入力機能の追加とその評価

石井 幹大[†] 伊藤 一成[‡]

[†] 青山学院大学大学院社会情報学研究科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

[‡] 青山学院大学社会情報学部 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

E-mail: [†] c8119001@aoyama.jp, [‡] kaz@si.aoyama.ac.jp

あらまし 我々は、ピクトグラムコンテンツの作成を通じてプログラミングの諸概念を学習できる「ピクトグラミング」を開発・公開している。ピクトグラミングは、これまで独自の言語仕様を採用してきたが、初等から中等、高等教育段階に至るまでの一貫したプログラミング教育重視の流れを受け、Pythonなどの汎用プログラミング言語や、命令が記述されたビジュアルブロックでもプログラム可能とする拡張を行ってきた。さらなるプログラムの入力形式の多様化にも注力しており、日英の自然文形式での文字入力や音声入力によるプログラム記述を可能としたので、本稿では、その実装方式および実践授業に基づく結果・考察を中心に報告する。

キーワード ピクトグラミング, 人型ピクトグラム, コンテンツ作成, プログラミング, 自然文入力, 音声入力

1. はじめに

ピクトグラムとは、日本語で絵記号、図記号と呼ばれるグラフィックシンボルであり、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[1]。共通化の重要性から、世界ではISO(国際標準化機構)を中心に規格の審議や策定が進められており、ISO 3864の付録では、人間を型取ったピクトグラム(以下、人型ピクトグラムという)に特化した作成ガイドラインが提示されている。

ピクトグラムを題材とする研究は、グローバル化や、その流れに伴う外国人観光客の急激な増加などの理由で、様々な学問領域で盛んになっている。一例を挙げただけでも、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]、感性工学[5][6]といった学問領域で研究が行われている。我々の研究グループでは、ピクトグラムコンテンツの作成を通じてプログラミングの諸概念を学習できる「ピクトグラミング(Pictogramming)[7]」を開発・公開している[8]。ピクトグラミングの入力方式拡張の一環として、我々は、日英の文や、音声によるプログラム記述について取り組んでいる[9][10]。本稿では、その実践授業を行った結果および考察を中心に報告する。

2. ピクトグラミング

ピクトグラミングは、HTML5, CSS, JavaScriptを用いて実装されたWebアプリケーションであるため、ブラウザでアクセスするだけで利用できる。

2.1 概要

ピクトグラミングにPCのブラウザでアクセスした場合のスクリーンショットを、図1に示す。本稿では、本節で述べるピクトグラミングを、標準のピクトグラミングと呼ぶ。

標準のピクトグラミングは、大きく3つの領域から構成される。図1において、領域(A)は、プログラムの実行結果を出力する「ピクトグラム表示領域」である。表示される人型ピクトグラムは、ISO 3864で定義されているサイズ比に準拠しており、領域(B):「プログラム記述領域」に、命令コードを入力して、コンテンツを作成する。また、領域(C)は、プログラムの入力を支援する「命令入力支援ボタン」であり、このボタンをクリックすると、ボタンのラベルに記述されている文

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。

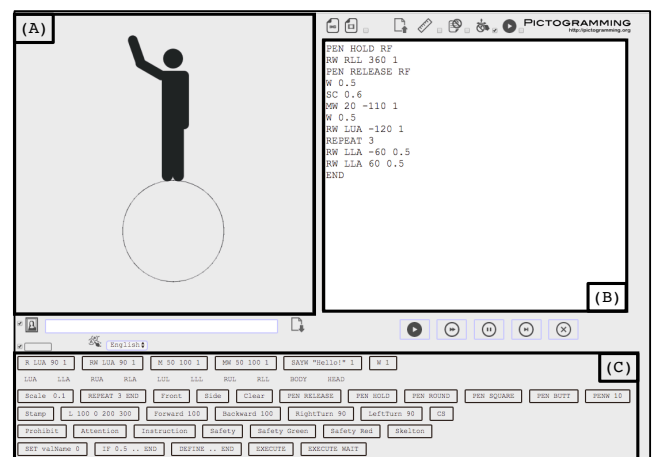


図1 標準のピクトグラミングのスクリーンショット

プログラム記述領域に記述する命令は、先頭に命令コードを記述し、続けて、引数列を空白文字で区切る図2の書式である。命令列は、一般的なプログラミング言語と同様、上から順番に実行される。

命令コード	引数 1	引数 2	……
-------	------	------	----

図2 命令の書式

表1に、主な命令の仕様を示す。表1の命令を組み合わせてることによって、コンテンツを作成できる。命令の種類は、主にR, RW, M, MW命令を用いて、人型ピクトグラムの変形および動きの変化を表現するピクトアニメーション命令と、主にPEN, L命令を用いて、ピクトグラムを構成するオブジェクトを線画で表現したり、図3に示す禁止・注意・指示・安全に関するセーフティサインを付与したりするピクトグラフィックス命令の2種類に大別される。

さらに、教育利用も重視しているため、既存の教育向けプログラミング言語[11]にあるように、命令コードは、英語の略記だけでなく、日本語表記などにも対応している。表2に命令コードの対応を示す。

表 1 標準のピクトグラミングでの主な命令

命令様式	処理
R 引数1 引数2 (引数3)	引数1の部位あるいは関節を、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3が省略されたときは、“0”が入力されているとして扱う。
RW 引数1 引数2 (引数3)	引数1の部位あるいは関節を、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。引数3が省略されたときは、“0”が入力されているとして扱う。
M 引数1 引数2 (引数3)	引数3秒かけてx軸正方向(右方向)に引数1ピクセル、y軸正方向(下方向)に引数2ピクセルだけ全体を等速直線移動する。引数3が省略されたときは、“0”が入力されているとして扱う。
MW 引数1 引数2 (引数3)	引数3秒かけてx軸正方向(右方向)に引数1ピクセル、y軸正方向(下方向)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。引数3が省略されたときは、“0”が入力されているとして扱う。
W 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。
PEN 引数1 (引数2)	引数1が“HOLD”の場合、ペンを持ち、“RELEASE”の場合、ペンを離す。初期状態は、ペンを持っていない状態である。ペンの動作を行う身体の箇所を、“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、“Body”が記述されているとして扱う。
PENW 引数1	ペンの太さ(幅)を引数1にする。初期状態は、“1”である。
L 引数1 引数2 引数3 引数4	座標(引数1, 引数2)から座標(引数3, 引数4)まで線分を描く。
REPEAT 引数1	対応する“END”までの命令を、引数1回繰り返す。
END	繰り返し範囲の終了を示す。
SC 引数1	人型ピクトグラムの拡大率を引数1倍にする。初期状態は、“1”倍である。
FR	人型ピクトグラムを正面向き(初期状態)にする。
SD	人型ピクトグラムを横向きにする。
SK	人型ピクトグラムを透明モードにする。
P	禁止モードに変更する。
A	注意モードに変更する。
I	指示モードに変更する。
S	安全モードに変更する。
SG	安全緑モードに変更する。
SR	安全赤モードに変更する。



図 3 セーフティサインの形状・色

また、命令によっては、人型ピクトグラムの部位または関節名を引数に取る。部位の名称一覧を図 4 左部に、関節の名称一覧を図 4 右部に、それぞれ示す。表 3 には、身体部位および関節についての日本語による表記を、それぞれ示す。日本語への対応は、引数についても同様であり、数値やスペースが全角文字で入力されていても、対応する半角文字が入力されていると想定し、動作する。

表 2 命令コードの日本語対応

英語略記	日本語	英語略記	日本語	英語略記	日本語
R	回転	PENW	ペン幅	SK	透明
RW	回転待ち	L	線	P	禁止
M	移動	REPEAT	繰り返し	A	注意
MW	移動待ち	END	終わり	I	指示
W	待ち	SC	倍率	S	安全
PEN	ペン	FR	正面	SG	安全緑
HOLD	持つ	SD	側面	SR	安全赤
RELEASE	離す				

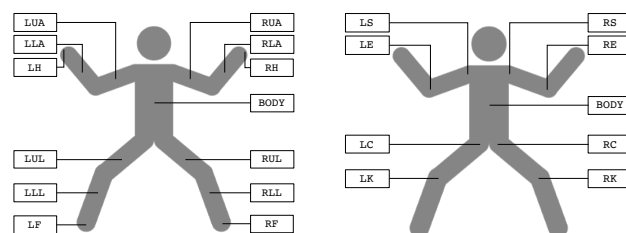


図 4 部位に基づく名称(左部)と関節に基づく名称(右部)

表 3 身体部位および関節の日本語対応

英語略記	日本語	英語略記	日本語	英語略記	日本語	英語略記	日本語
LUA	左上腕	LUL	左大腿	LS	左肩	LC	左股
LLA	左前腕	LLL	左下腿	LE	左肘	LK	左膝
LH	左手	LF	左足	RS	右肩	RC	右股
RUA	右上腕	RUL	右大腿	RE	右肘	RK	右膝
RLA	右前腕	RLL	右下腿	BODY	体		
RH	右手	RF	右足				

2.2 標準のピクトグラミングの派生

2.2.1 Picthon (ピクソン)

標準のピクトグラミングの命令記述を、汎用プログラミング言語で入力できるように拡張したバージョンとして、Picthon[12]を開発・公開している。Picthonは、ピクトグラミングのPython言語版である[13]。Picthonのスクリーンショットを図 5 に示す。

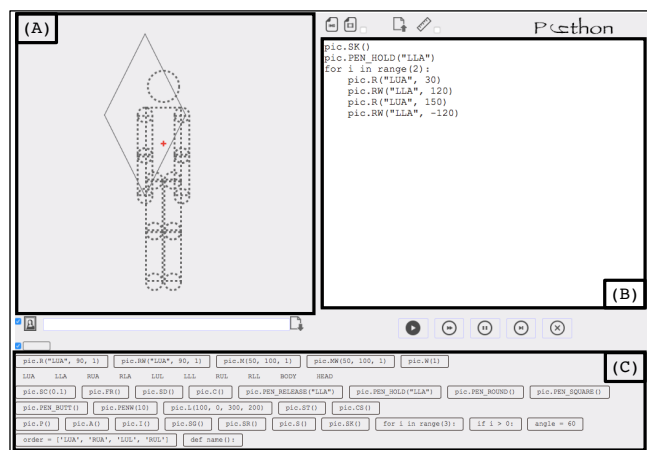


図 5 Picthon のスクリーンショット

Picthon の画面構成は、標準のピクトグラミングとほぼ同一である。標準のピクトグラミングとの相違点は、Python言語で入力されたプログラムを解釈して実行する点と、命令入力支援ボタンに表示される文字列が、Pythonの命令文である点だけである。

2.2.2 ブロックピクトグラミング

標準のピクトグラミングの命令を、初学者でも容易に入力できるように拡張したバージョンとして、ブロックピクトグラミング(Block Pictogramming)[14]を開発・公開している。ブロックピクトグラミングは、ピクトグラミングのビジュアルプログラミング版である。スクリーンショットを、図 6 に示す。ブロックピクトグラミングの画面構成は、標準のピクトグラミングを踏襲しているが、標準のピクトグラミングで表示されていた、命令入力支援ボタンはなく、プログラム記述領域に表示されるブロックが、命令入力支援ボタンに相当する。ブロックは、画面中央に配置されているカテゴリ一覧表示の領域(B')から選択し、プログラム記述領域(B)の適切な位置に配置する。プログラムコード記述領域は、ビジュアルブロックによる開発環境を構築するためのライブラリである Google Blockly[15]を用いている。標準のピクトグラミングとの相違点は、テキストではなく、命令が表記されたビジュアルブロックをつなぎ合わせて生成されたプログラムを解釈して実行する点だけである。

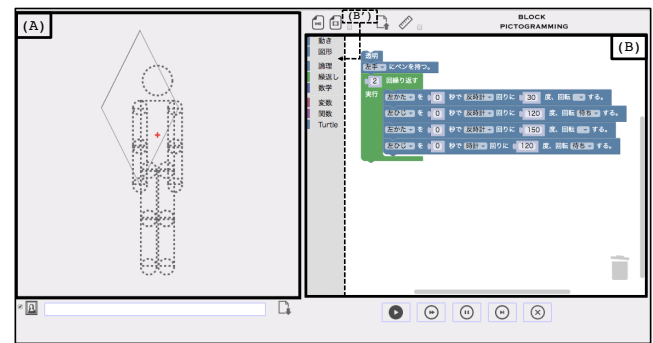


図 6 ブロックピクトグラミングのスクリーンショット

2.2.3 モバイルピクトグラミング

HTML5, CSS, JavaScript を用いて標準のピクトグラミングを実装したことに着目し、標準のピクトグラミングを画面領域の狭いスマートフォンで使用することを想定したレイアウトに変更した環境を構築した[16]。このバージョンは、モバイルピクトグラミング(Mobile Pictogramming)[17]という名称で公開している。

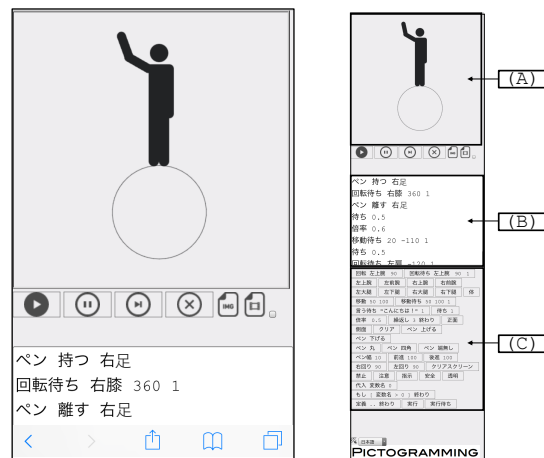


図 7 モバイルピクトグラミングのスクリーンショット (左部) と全体図 (右部)

iOS 端末上のブラウザで、モバイルピクトグラミング

グにアクセスした場合のスクリーンショットを、図 7 左部に示す。スマートフォンと PC のインタフェース・表示領域の違いを考慮し、標準のピクトグラミングの主要三領域 ((A): ピクトグラム表示領域, (B): プログラム記述領域, (C): 命令入力支援ボタン) は、縦に並ぶレイアウトとなっている (図 7 右部)。

なお、標準のピクトグラミングとの相違点は、画面レイアウトだけであるので、命令の入力文字列は、標準のピクトグラミングと同様である。

3. 日本語版の自然文ピクトグラミング

本章では、標準のピクトグラミングを拡張して実装した、日本語の自然文による命令入力について述べる。

3.1 自然文による入力の有用性

プログラミングにおいて、命令の入力を自然文によって行うことの利点は、数多く報告されている。例えば、Scratch[18]を用いることで、小学校 4 年生でも、8 割を超える児童が、条件分岐やキー入力の判別処理といった複雑なプログラミングを含めた作品づくりに楽しく取り組むことができたという報告[19]や、ことだま on Squeak[20]を用いることで、文法教育のコストが下がり、生徒がアルゴリズムに関する議論に集中することが可能になったという報告[21]が挙げられる。

3.2 概要

日本語版の自然文ピクトグラミングでは、2.1 節 表 1 の全ての命令を、日本語の自然文によって入力可能にした。表 4 に、入力する際の命令様式例を示す。

表 4 日本語版の自然文ピクトグラミングでの命令入力様式	
標準のピクトグラミングでの命令様式	対応する日本語版の自然文ピクトグラミングでの命令様式
回転 引数 1 引数 2 (引数 3)	引数 1 を 引数 2 度 引数 3 秒で回転する。
回転待ち 引数 1 引数 2 (引数 3)	引数 1 を 引数 2 度 引数 3 秒で回転して待つ。
移動 引数 1 引数 2 (引数 3)	右に 引数 1、下に 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)	右に 引数 1、下に 引数 2、引数 3 秒で移動して待つ。
待ち 引数 1	引数 1 秒待つ。
ペン 引数 1 (引数 2)	・ 引数 2 でペンを 引数 1。 ・ 引数 2 のペンを 引数 1。
ペン幅 引数 1	ペンの太さを 引数 1 にする。
線 引数 1 引数 2 引数 3 引数 4	(引数 1, 引数 2) から (引数 3, 引数 4) へ線を引く。
繰り返し 引数 1 繰り返す命令 終わり	「繰り返す命令」を 引数 1 回繰り返す。
倍率 引数 1	倍率を 引数 1 倍にする。
透明	透明にする。
正面	正面向きにする。
側面	横向きにする。
禁止	禁止マークを表示する。
注意	注意マークを表示する。
指示	指示マークを表示する。
安全	安全色に変更する。
安全緑	安全緑マークを表示する。
安全赤	安全赤マークを表示する。

表4の様式例はあくまで一例であるので、表4以外の語順や表現、助詞の利用も可能である。日本語版の自然文ピクトグラミングでは、数値に単位を付与することで、引数の順序制約をなくせることや、不要な引数を省略できることが長所となる。そのため、例えば、回転・回転待ち命令において、角度と引数の順序を入れ替えて、「引数1を引数3秒で引数2度回転する。」、「引数3秒で引数1を引数2度回転する。」のように入力することや、移動・移動待ち命令において、x軸方向・y軸方向いずれかの移動量を0としたいとき、「右に引数1、引数3秒で移動する。」や「下に引数2、引数3秒で移動する。」のように入力することもサポートしている。また、標準のピクトグラミングと同様に、日本語版の自然文ピクトグラミングでも、数値やスペースが全角文字で入力されていても、対応する半角文字が入力されていると仮定し、動作する。さらに、マイナス記号については、全角・半角ダッシュ記号、全角・半角ハイフン記号、全角・半角長音記号の6つが入力されても、マイナス記号として扱えるように実装した。

日本語版の自然文ピクトグラミングにPCのブラウザでアクセスした場合のスクリーンショットを、図8に示す。画面構成は、標準のピクトグラミングと同一である。ブロックピクトグラミングと違い、命令入力支援ボタンは、画面下部に一覧で表示される。標準のピクトグラミングとの相違点は、自然文で入力されたプログラムを解釈して実行する点と、命令入力支援ボタンに表示される文字列が、日本語の文によるプログラム列である点だけである。

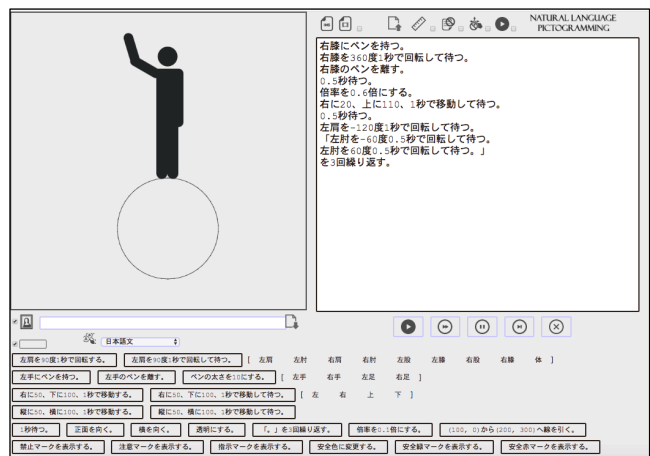


図8 日本語版の自然文ピクトグラミングのスクリーンショット

入力された日本語の文による文字列は、2.1節の表1の命令様式に変換され、実行される。変換手順の概要を、《手順1》から《手順5》に示す。

《手順1》読点を区切り記号に設定し、入力された文字列を分割する。分割された文字列それぞれに対して、先頭から順番に、一命令ずつ《手順2》から《手順4》の処理を繰り返す。

《手順2》処理対象の文字列から、命令コードに関する語句、単位に関する語句、数字を抽出する。単位に関する語句と数字は、その位置についても特定する。

《手順3》《手順2》をもとに、処理対象の文字列に対応する標準のピクトグラミングの命令様式に変換する。

《手順4》繰り返し命令の場合、カギ括弧を用いて入力が行われるため、入力された文字列を順番に処理するだけでは、正しいプログラムに変換されない。そのた

め、カギ括弧の位置を特定し、その結果をもとに、変換された命令様式の順番を入れ替える。

《手順5》命令を実行する。

3.3 実践

日本語版の自然文ピクトグラミングの使いやすさを調査するため、実践授業を行った。

対象者は、神戸大学附属中等教育学校に通う2年生（中学2年生に相当）2クラスの生徒計81名（40名+41名）であり、対象者は、2019年4月から2019年7月の授業で、標準のピクトグラミングを使用した50分の授業を8回受けている。実践は、50分の授業時間を利用して、2019年11月18日（月）と2019年11月20日（水）に、一般的なPC実習室で行った。実践は、対象者に日本語版の自然文ピクトグラミングを利用してコンテンツを作成してもらい、行った。コンテンツ作成後には、対象者にアンケートの回答をお願いした。

なお、文による入力の使いやすさを正しく評価するため、対象者がコンテンツ作成の質に固執しないよう、本実践で使用した日本語版の自然文ピクトグラミングでは、ピクトグラムコンテンツ作成の基本となる命令のみが使用できる仕様に変更した。そのため、本実践では、ペン幅・線・正面・側面命令、ならびに図3で示したセーフティサインを生成する命令を入力することはできない。

3.4 実践結果と考察

実践の分析は、アンケート評価、コンテンツ作成時の観察、コンテンツ作成時に収集したログの3点をもとに行った。

実施したアンケートの質問項目は、表5に示す3項目である。質問1,2は、どちらも6段階の回答選択肢を用意した。回答選択肢の内容と数量化は、「6. とても使いやすかった。」「5. かなり使いやすかった。」「4. どちらかというと使いやすかった。」「3. どちらかというと使いにくかった。」「2. かなり使いにくかった。」「1. とても使いにくかった。」とした。

表5 日本語版の自然文ピクトグラミングでのアンケート項目

質問	内容
1	今回使用した、日本語の文による入力の使いやすさを評価してください。
2	春学期の授業で使用した、単語区切りによる入力の使いやすさを評価してください。
3	自由記述:今回、日本語の文による命令の入力ができるようになりました。この機能について、使用してみた意見・感想を自由に書いてください。

はじめに、質問1,2の回答を、表6に示す。日本語版の自然文ピクトグラミングの使いやすさについて、「6. とても使いやすかった。」「5. かなり使いやすかった。」の回答が78.4%を占めた。また、帰無仮説「日本語版の自然文ピクトグラミングと、標準のピクトグラミングの間に、入力の使いやすさの差はない」を立て、質問1と質問2の間でt検定を行ったところ、p値は8.474e-04となり、有意水準1%で仮説を棄却できた。

次に、質問3の自由記述の回答、観察結果、コンテンツ作成ログの記録から読み取れたことを記す。

日本語の文による命令入力では、人型ピクトグラムの動作を直感的に理解しやすく、コンテンツ作成が容易であった、という記述が多く見られた。対象者たちは、命令入力支援ボタンを活用し、思い通りの作品を

作ることができていた。また、さらなる利用を希望する対象者も存在した。

表 6 質問 1, 2 の回答¹

	1	2	3	4	5	6	平均	SD
質問 1	1	1	5	9	17	41	5.203	1.122
質問 2	2	1	12	16	23	20	4.581	1.239

一方、観察の中で、ピクトグラミングの操作に非常に長けている対象者も見られた。そのため、ピクトグラミングの命令様式をよく理解できている対象者にとっては、入力文字数が多く、変換の必要もある本機能は、キーボードの操作数が多くなり、煩わしいものであったと考えられる。

4. 英語版の自然文ピクトグラミング

本章では、標準のピクトグラミングを拡張して実装した、英語の自然文による命令入力について述べる。

4.1 概要

英語版の自然文ピクトグラミングでは、2.1 節 表 1 の全ての命令を、英語の自然文によって入力可能にした。表 7 に、入力する際の命令様式例を示す。ただし、日本語版の自然文ピクトグラミングと同様に、表 7 の入力例もあくまで一例であるので、表 7 以外の語順や表現の利用も可能である。

表 7 英語版の自然文ピクトグラミングでの命令入力様式

標準のピクトグラミングでの命令様式	対応する英語版の自然文ピクトグラミングでの命令様式
R 引数1 引数2 (引数3)	Rotate 引数1 引数2 degree in 引数3 second.
RW 引数1 引数2 (引数3)	Rotate 引数1 引数2 degree in 引数3 second and wait.
M 引数1 引数2 (引数3)	Move 引数1 rightward and 引数2 downward in 引数3 second.
MW 引数1 引数2 (引数3)	Move 引数1 rightward and 引数2 downward in 引数3 second and wait.
W 引数1	Wait in 引数1 second.
PEN 引数1 (引数2)	引数1 a pen at 引数2.
PENW 引数1	Set width of pen to 引数1.
L 引数1 引数2 引数3 引数4	Draw line from (引数1, 引数2) to (引数3, 引数4).
REPEAT 引数1 繰り返す命令	Repeat [繰り返す命令]
END	引数1 times.
SC 引数1	Change scale to 引数1 times.
FD	Switch to the front direction.
SD	Switch to the side direction.
SK	Change to skeleton mode.
P	Show prohibition mark.
A	Show attention mark.
I	Show instruction mark.
S	Change to safety color.
SG	Show safety green mark.
SR	Show safety red mark.

画面構成も、日本語版の自然文ピクトグラミングと同様に、標準のピクトグラミングと同一にした。図 9 に、スクリーンショットを示す。

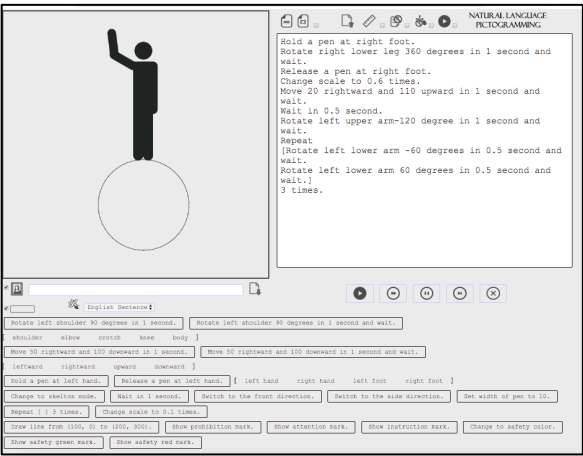


図 9 英語版の自然文ピクトグラミングのスクリーンショット

入力された英語の文による文字列も、日本語版の自然文ピクトグラミングでの処理と同様に、標準のピクトグラミングの命令様式に変換され、実行される。変換処理の概要は、3.2 節で示した日本語版の自然文ピクトグラミングでの変換処理と同様である。

4.2 実践

英語版の自然文ピクトグラミングの使いやすさを調査するため、実践授業を行った。

対象者は、神戸大学附属中等教育学校に通う 4 年生（高校 1 年生に相当）1 クラスの生徒 35 名であり、対象者は、2018 年度の授業で、標準のピクトグラミングを使用した 50 分の授業 8 回と、2019 年 11 月に、Picthon を使用した 50 分の授業 8 回を受けている。実践は、50 分の授業時間を利用して、2019 年 11 月 25 日（月）に、一般的な PC 実習室で行った。実践は、対象者に自然文ピクトグラミングを利用してコンテンツを作成してもらい、行った。コンテンツ作成後には、対象者にアンケートの回答をお願いした。

なお、3 章の日本語版の自然文ピクトグラミングの実践と同様の理由で、本実践で使用した英語版の自然文ピクトグラミングでは、コンテンツ作成の基本となる命令のみが使用できる仕様に変更した。ただし、日本語版の自然文ピクトグラミングの際に利用の希望が見られた、PENW・FR・SD 命令・ならびに図 3 で示したセーフティサインを生成する命令は入力可能にし、L 命令のみ入力できない仕様にした。

4.3 実践結果と考察

実践の分析は、アンケート評価、コンテンツ作成時の観察、コンテンツ作成時に収集したログの 3 点をもとに行った。

実施したアンケートの質問項目は、表 8 に示す 4 項目である。質問 1 から質問 3 は、いずれも 6 段階の回答選択肢を用意した。回答選択肢の内容と数量化は、3 章の実践と同じである。

¹ 無記名式のアンケートであり、また、提出を強制していない。コンテンツの自由作成後のアンケートのため、アンケート回答への一斉誘導があったものの、コンテンツ作成が完了していない一部の対象者が作成を優先した可

能性もある。以上の理由により、各質問への回答数は、必ずしも実践授業への出席者数と一致しない。4.5 章の質問についても同様である。

表 8 英語版の自然文ピクトグラミングでのアンケート項目

質問	内容
1	今回使用した、英語の文による入力の使用やすさを評価してください。
2	今月の始めから前回の授業で使用した、Picthon (ピクソン) の使用やすさを評価してください。
3	昨年の授業で使用した、単語区切りによる入力の使用やすさを評価してください。
4	自由記述：今回、英語の文による命令の入力ができるようになりました。この機能について、使用してみた意見・感想を自由に書いてください。

はじめに、質問 1 から質問 3 の回答を、表 9 に示す。英語版の自然文ピクトグラミングの使用やすさの平均値は、標準のピクトグラミングの使用やすさの平均値を上回ったが、Picthon の使用やすさの平均値は下回った。また、帰無仮説「英語版の自然文ピクトグラミングと、標準のピクトグラミングの間に、入力の使用やすさの差はない」を立て、質問 1 と質問 3 の間で t 検定を行ったが、p 値は 0.3789 となり、有意差は見られなかった。

表 9 質問 1 から質問 3 の回答

	1	2	3	4	5	6	平均	SD
質問 1	0	0	12	10	7	6	4.200	1.106
質問 2	0	0	3	16	10	6	4.543	0.886
質問 3	0	4	7	9	11	4	4.114	1.143

次に、質問 4 の自由記述の回答、観察結果、コンテンツ作成ログの記録から読み取れたことを記す。

英語の文による命令入力では、英語略記が使われていなので意味がわかりやすい、標準のピクトグラミングの命令様式を知らなくてもコンテンツが作成できるので使いやすい、と感じた対象者が多く存在した。また、人型ピクトグラムが想定と異なる動作をしてしまった際も、スペルミスや単純な文法ミスであれば、対象者同士の議論で解決する事象が多く、対象者同士で入力した文字列を確認する様子も観察された。英語の文による命令入力によって、コンテンツ作成が一定程度容易になったと言える。また、英語による入力が学習につながるといった記述も見られた。さらに、英語の文による命令入力を通して、プログラミング言語を学習することの有用性を実感した、という記述も見られた。したがって、標準のピクトグラミングや、Picthon を学習する前に、本機能を利用することで、より学習効果が高まる可能性がある。

一方で、英語の文による命令入力では、入力する文字列が長くなってしまうことから、入力が面倒であった、という記述も見られた。実践の中で、英単語・英文のタイピングに不慣れな対象者も多く観察された。そのため、英語のタイピングが不得意な対象者にとっては、入力する文字数が多くなってしまう英語の文による命令入力は、煩わしいものであったと考えられる。

また、観察の中で、本実践では使用を制限した、L 命令の使用を希望する声も多く挙がった。そのため、本実践で L 命令の使用が可能であった場合、英語版の自然文ピクトグラミングに対して、より多くの肯定的な回答がなされていた可能性もある。

5. 音声入力ピクトグラミング

本章では、モバイルピクトグラミングを拡張して実装した、音声による文章の命令入力機能について述べ

る。3, 4 章の自然文ピクトグラミングと同様に、日英双方の言語に対応している。本機能は、スマートフォンに標準でサポートされている音声入力機能を用いて利用するため、音声入力のための特定の準備を行う必要はなく、日常的に慣れた操作で音声による命令入力を行うことが可能である。

5.1 音声入力の有用性

音声操作インタフェースの有用性を示した研究は多い。例えば、音声対話機能付き家電品の開発と評価[22]や、情報が断片的に発話された場合でも、発話された単語の断片の残りをシステム側が補う「音声補完」という音声入力インタフェースの検討や評価[23]、システム側が認識誤りを起こした場合でも、ユーザが効率的にその誤りを訂正可能な「音声訂正」という音声入力インタフェースの検討や評価[24]である。いずれの研究でも、ユーザの満足度は高く、音声入力を操作で活用することは、有効な手段であると言える。

5.2 概要

音声入力ピクトグラミングでは、2.1 節の表 1 で示した命令のうち、L 命令を除く全ての命令について、音声による文入力を可能にした。音声入力ピクトグラミングに、iOS 端末上のブラウザでアクセスした場合の全体図を、図 10 に示す。図 10 左部は日本語版を表示したとき、図 10 右部は英語版を表示したときの、それぞれの全体図である。

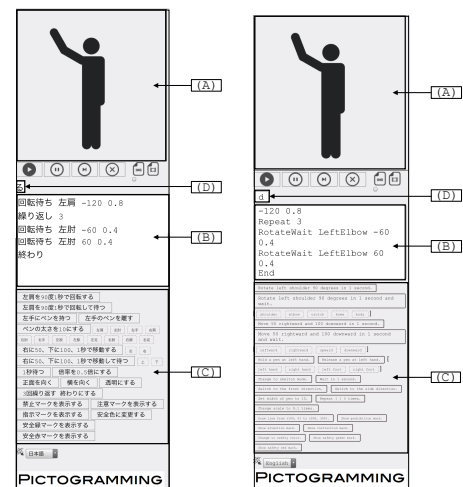


図 10 音声入力ピクトグラミングのスクリーンショット：日本語版（左部）と英語版（右部）

画面配置は、モバイルピクトグラミングとほぼ同一である。しかし、領域(D)：「音声入力領域」のみは、音声入力ピクトグラミングに特化したものとして用意した。音声入力領域を用意した理由は、テキスト入力上（プログラム記述領域）で、音声入力によって生じた誤認識や誤変換の修正を行ってしまうと、修正後に音声入力ができなくなってしまうからである。なお、音声入力領域を小さなテキストボックスにした理由は、音声によって入力された文字列は、誤変換や誤認識が発生するため、正しく変換されなかった文字列をユーザに見せてしまうと、ユーザが不安に感じると考えたからである。また、音声入力領域に入力された文字列は、3, 4 章の拡張と同様に、標準のピクトグラミングの命令様式に変換され、実行される。プログラム記述領域には、変換された命令様式の文字列が表示される。

命令の文入力という点で、音声入力ピクトグラミングと自然文ピクトグラミングが共通しているため、命令入力様式は、自然文ピクトグラミングと類似している。ただし、入力方法がキーボードから音声になった点は相違点であるので、次の《変更点 1》から《変更点 3》に、3 章からの変更点を示す。

また、入力された文字列の処理手順も、同様の理由で、自然文ピクトグラミングと類似している。ただし、3 点の変更点（《変更点 1》から《変更点 3》）があるため、それに対応し、処理手順も変更した。処理手順の概要を、《手順 1》から《手順 5》に示す。

《変更点 1》カギ括弧を音声で入力することは、自然な発話ではないことから、ユーザにとって負担になると考え、繰返し命令の入力様式は、“引数 1 繰繰り返す命令 終わりにする”とした。

《変更点 2》カンマ（“,”）を音声で入力することは、自然な発話とは言えないことから、L 命令は、カンマを発話しない様式での実装を試みようとしたが、数字を誤認識する可能性が非常に高いため、音声入力ピクトグラミングでは、L 命令を実装しなかった。例えば、“ひゃくじゅうからにひゃくさんびゃくへせんをひく”という発話は、“(100, 10)から(200, 300)へ線を引く。”ではなく、“110 から 200300 へ線を引く。”と認識される可能性が非常に高い。

《変更点 3》命令の入力から実行までを、音声入力という単一の操作だけで行えることは、画面領域の狭いスマートフォンでは、大きな利点になると考え、本拡張独自の命令として、“実行する”を追加した。“実行する”では、画面を最上部までスクロールし、プログラムコード記述領域に格納されている命令を実行する処理を行う。

《手順 1》「する」、「待つ」など、命令の終端語句となる語句を区切り記号に設定し、入力された文字列を分割する。分割された文字列それぞれに対して、先頭から順番に《手順 2》から《手順 4》の処理を繰り返す。変換処理の精度向上を目的に、《手順 2》から《手順 4》は、先頭の命令から直近の命令まで一括で処理を行う。その理由は、スマートフォンに標準で搭載されている日本語入力システム IME (Input Method Editor) では、音声によって入力された文字列は、その前後の文脈や単語に応じて、何度か自動変換されるからである。自動変換によって、音声入力領域に格納されている文字列の長さに増減があったとしても、毎回、先頭の命令から処理を行うので、対応することができる。

《手順 2》処理対象の文字列から、命令コードに関する語句、単位に関する語句、数字を抽出する。単位に関する語句と数字は、その位置についても特定する。音声入力の誤認識や誤変換に対応するため、語句の抽出には、あらかじめ作成した変換テーブル[9]を用いる。

《手順 3》《手順 2》をもとに、処理対象の文字列に対応する標準のピクトグラミングの命令様式に変換する。

《手順 4》命令を実行する。

5.3 実践

日本語版の音声入力ピクトグラミングの使いやすさを調査するため、実践授業を行った。英語版の音声入力ピクトグラミングは、発話された音声の認識・変換の精度を十分に高めることができなかったため、実践での利用は見送り、日本語による実践のみを行った。

対象者は、神戸大学附属中等教育学校に通う 4 年生（高校 1 年生に相当）3 クラスの生徒計 110 名（35 名 + 37 名 + 38 名）であり、対象者は、2018 年度の授業で、

標準のピクトグラミングを使用した 50 分の授業 8 回と、2019 年 11 月に、Picthon もしくは Picby[25]を使用した 50 分の授業 8 回を受けている。実践は、50 分の授業時間の一部を利用して、2019 年 11 月 28 日（木）と 2019 年 11 月 29 日（金）に行った。

実践は、対象者に音声入力ピクトグラミングを利用してコンテンツを作成してもらった。音声による入力だけで操作を完結させ、その入力のしやすさを評価してもらうため、5.2 節 図 12 に示した画面構成から、「実行ボタン」と「命令入力支援ボタン」を削除したアプリケーションを用いた。コンテンツ作成後には、アンケートの回答をお願いした。

5.4 実践結果と考察

実践の分析は、アンケート評価、コンテンツ作成時の観察、コンテンツ作成時に収集したログの 3 点をもとに行った。

実施したアンケートの質問項目は、表 10 に示す 5 項目である。質問 1 から質問 4 は、いずれも 6 段階の回答選択肢を用意した。回答選択肢の内容と数量化は、3, 4 章の実践と同じである。

表 10 音声入力ピクトグラミングでのアンケート項目

質問	内容
1	音声による命令の入力について、入力のしやすさを評価してください。
2	キーボードによる命令の入力について、入力のしやすさを評価してください。
3	自然な文による命令の入力について、入力のしやすさを評価してください。
4	標準のピクトグラミングのような、単語区切りによる命令の入力について、入力のしやすさを評価してください。
5	自由記述：今回、音声によって、自然な文による命令の入力ができるようになりました。この機能について、使用してみた意見・感想を自由に書いてください。

はじめに、質問 1 から質問 4 の回答を、表 11 に示す。入力手段の違いに着目し、質問 1, 2 の結果を比較すると、音声による命令入力のしやすさの平均値は、キーボードによる命令入力のしやすさの平均値を下回った。しかし、帰無仮説「音声による命令入力と、キーボードによる命令入力の間に、入力のしやすさの差はない」を立て、質問 1, 2 の間で t 検定を行ったところ、p 値は 0.2744 となり、有意差は見られなかった。また、命令の入力様式の違いに着目し、質問 3, 4 の結果を比較すると、自然な文による命令入力のしやすさの平均値は、単語区切りによる命令入力のしやすさの平均値を上回った。なお、帰無仮説「自然な文による命令入力と、単語区切りによる命令入力の間に、入力のしやすさの差はない」を立て、質問 3, 4 の間で t 検定を行ったが、p 値は 0.2120 となり、有意差は見られなかった。

表 11 質問 1 から質問 3 の回答

	1	2	3	4	5	6	平均	SD
質問 1	4	4	4	15	10	7	4.000	1.479
質問 2	4	1	2	20	10	7	4.183	1.352
質問 3	4	1	3	11	17	8	4.364	1.416
質問 4	2	2	6	18	10	6	4.136	1.231

次に、質問 5 の自由記述の回答と、観察結果、コンテンツ作成ログの記録から読み取れたことを記す。

音声の認識については、対象者によって評価が分かれた。発話した音声が高い確率で正しく認識された対象者からは、タイピングよりも速い、といった記述が見られたが、認識率が低かった対象者からは、音声を使ってまですることではない、といった不満な記述が見られた。本実装で用いた変換リスト(文献[9])は、筆者自身が、静かな環境で命令列を発話し、生じた誤変換・誤認識の語句であるので、音声入力された文字列の処理の精度は、本機能を利用した環境や対象者の発話の特性に依存している可能性が高い。また、音声入力にはスマートフォンが標準搭載している音声認識エンジンを用いているため、変換結果が、対象者が普段からIMEで変換している語句に左右されている可能性もある。そこで、コンテンツ作成ログの記録をもとに、文献[9]中の変換リストへ、15個の語句を追加した。一例を挙げると、“実行”の変換リストに“事項”、“下”の変換リストに“死体”、“右”の変換リストに“三島”を追加した。

命令の入力様式については、本実装で用いた、自然な文による命令入力に対する否定的な記述は見られず、好意的な記述が多く寄せられた。3, 4章でも述べたように、自然な文による命令入力様式を、コンテンツ作成に活用することは、有効であると考えられる。

6. 結論

ピクトグラミングを拡張して、日英での文によるプログラム入力を可能にする「自然文ピクトグラミング」や、音声での文によるプログラム入力を可能にする「音声入力ピクトグラミング」を実装し、本稿では、その実践授業の結果および考察を中心に報告した。

実践の結果、ピクトグラミングで、自然文によるプログラム記述を可能にすることは、ピクトグラムコンテンツの作成に効果があること示した。自然文ピクトグラミングの実践は、日本語版と英語版を用いて行い、母語である日本語を用いると、より効果があることも示唆された。また、音声によるプログラム記述についても、変換処理の精度向上などには、改善の余地があるものの、コンテンツ作成に一定の効果があることが明らかになった。そのため、「自然文ピクトグラミング」は、ピクトグラミングのサイト内で公開し[26]、自由に利用できる。

今後、自然文ピクトグラミングに関しては、長期継続使用による学習効果などの観点から分析・評価を行う予定である。また、音声入力ピクトグラミングに関しては、手法の再検討や変換テーブルの拡充により認識率が改善を最優先し、そののちに、自然文ピクトグラミングと同様に、Web公開する予定である。

謝辞

実践授業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] 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> (2019/02/11 閲覧)。
- [2] Mori, Y., Takasaki, T., Ishida, T. (2009). Patterns in pictogram communication. In *Proceedings of the 2009 international workshop on Intercultural collaboration*, 277-280.
- [3] 上西くるみ, 青木輝勝. (2017). 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. 第205回コンピュータビジョンとイメージメディア研究発表会 (CVIM).
- [4] Hassan, E. M. M. (2017). The Semiotics of Pictogram in the Signage Systems. *International Design Journal*, 5.
- [5] 大野森太郎, 上西綺香, 原田利宜. (2015). 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*, 14(3), 391-400.
- [6] Ishii, M., Ito, K. (2019). Presence of Motion Lines in Human Pictograms: Analyses and Evaluations. *The International Association of Societies of Design Research (IASDR) 2019*.
- [7] 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.
- [8] Pictogramming, <https://pictogramming.org/> (2019/4/25 閲覧)。
- [9] 石井幹大, 伊藤一成. (2019). モバイルピクトグラミングへの音声による自然言語文入力機能の実装. *エンターテイメントコンピューティングシンポジウム2019 論文集*, 193-199.
- [10] 石井幹大, 伊藤一成. (2019). 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. 2019 年度情報処理学会関西支部 支部大会講演論文集.
- [11] 兼宗進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井眞吾, 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 (PRO)*, 42,(SIG11(PRO12)), 78-90.
- [12] Picthion, <https://pictogramming.org/editor/picthion.html> (2019/12/5 閲覧)。
- [13] 伊藤一成. (2019). Picthion (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論文集*, 2019, 136-143.
- [14] Block Pictogramming, <https://pictogramming.org/editor/block.html> (2019/12/17 閲覧)。
- [15] Google Developers, <https://developers.google.com/blockly> (2019/12/17 閲覧)。
- [16] Ito, K. (2019). Mobile Pictogramming. *IMCOM (International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication) 2019*, 547-553.
- [17] Pictogramming, <https://pictogramming.org/editor/sp.html> (2019/9/15 閲覧)。
- [18] Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Commun. Acm*, 52(11), 60-67.
- [19] 森秀樹, 杉澤学, 張海, 前迫孝憲. (2011). Scratchを用いた小学校プログラミング授業の実践: 小学生を対象としたプログラミング教育の再考 (教育実践研究論文). *日本教育工学会論文誌*, 34(4), 387-394.
- [20] 岡田健, 杉浦学, 松澤芳昭, 大岩元. (2006). プログラミングの初歩概念を学ぶための日本語プログラミング環境. *情報教育シンポジウム 2006 論文集*, 2006(8), 109-112.
- [21] 岡田健, 杉浦学, 松澤芳昭, 大岩元. (2006). 教育用プログラミング言語としての「言霊」と「ことだま on Squeak」の試み. *サイバーメディア・フォーラム*, 7, pp. 17-22.
- [22] 渡辺裕太, 関口芳廣, 鈴木良弥. (2003). ビデオ装置を例とした家電品の音声対話機能について. *情報処理学会論文誌*, 44(11), 2690-2698.
- [23] 後藤真孝, 伊藤克亘, 秋葉友良, 速水悟. (2002). 音声補完: 音声入力インタフェースへの新しいモダリティの導入. *コンピュータソフトウェア*, 19(4), pp.254-265.
- [24] 緒方淳, 後藤真孝. (2007). 音声訂正: 選択操作による効率的な誤り訂正が可能な音声入力インタフェース. *情報処理学会論文誌*, 48(1), 375-385.
- [25] 伊藤一成. (2019). Picby-Pictogrammingを用いた Ruby 言語の学習環境の提案. *エンターテイメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集*, 2019, pp.329-335.
- [26] Pictogramming, <https://pictogramming.org/editor/nlp.html> (2020/02/12 閲覧)。