

ヒューマンピクトグラミング

Human Pictogramming

高橋 将樹[†]

Masaki Takahashi

伊藤 一成[†]

Kazunari Ito

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プログラミング学習環境「ピクトグラミング」を開発している[1]。今回、単眼カメラで撮影した人間の姿勢の情報を推定するモジュールを実装し、これを「ピクトグラミング」と連携することで、身体を実際に動かしてプログラミングできる機能を設計・構築し、評価したので報告する。以下2章でピクトグラミングについて解説し、3章で本提案について説明する。4章でその評価、考察を行い、5章で今後の展望について述べる。

2. ピクトグラミング

ピクトグラミング [1]は、人型ピクトグラムを用いたプログラミング学習環境であり、第2筆者が開発したアプリケーションツールである。

2.1 人型ピクトグラムとは

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[2]。

通常、世の中に広く普及されているピクトグラムは、作成ガイドラインに則ってデザインされており、また、伝達すべき内容が人の行為や状態に関するピクトグラムが多い。そのため、ISO3864の付録には、人間の形状のピクトグラムに特化した作成ガイドラインが提示されている。以後本稿では、このピクトグラムを、人型ピクトグラムと呼称する。

2.2 画面説明

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。

画面は2つの部分から構成される。図1において左側は人型ピクトグラム表示パネル、右側はプログラムコード記述領域である。人型ピクトグラム表示パネルには、初期状態でパネル全体を占有するほどの大きさの人型ピクトグラムを配置している。

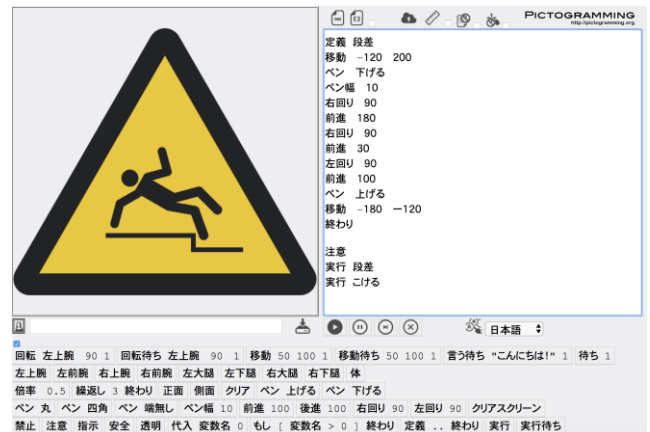


図1 ピクトグラミングのスクリーンショット

人型ピクトグラム表示パネルには、ISO3864で定義されている正面方向あるいは側面方向の人型ピクトグラムのいずれかが表示される。正面方向のピクトグラムを図2に、側面方向の人型ピクトグラムの形状を図3に示す。いずれも体と頭を組み合わせた部分が1つと、上腕、前腕、上腿、下腿が左右それぞれ1つの計9種の部品から構成される。いずれの方向の人型ピクトグラムも各部位のサイズ比はISO3864で定義されているものを忠実に再現している。

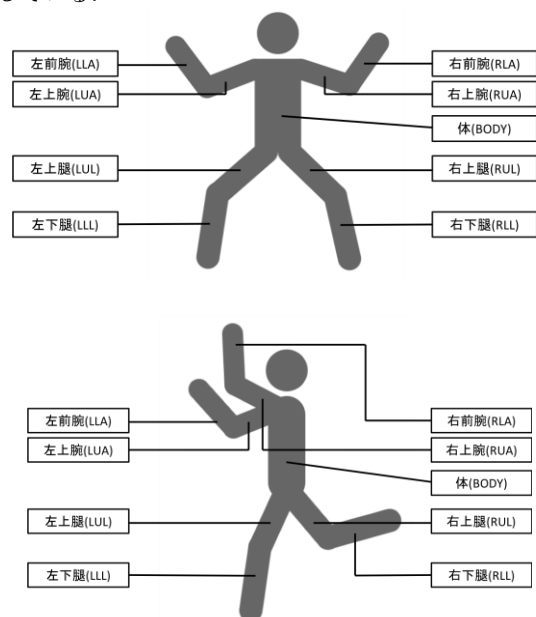


図2 人型ピクトグラムを構成する部品(正面)

図3 人型ピクトグラムを構成する部品(側面)

部位を指定してのプログラミングを想定する際、正面のピクトグラムでは、例えば人型ピクトグラムの「左前腕」「左上腕」が右側に表示されるので、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2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点からも親和性が高く、この方式を採用した。

2.3 プログラム例と実行方法

人型ピクトグラムの動作は、プログラムコード記述領域に命令を入力し定義する。入力文字列は動作や状態を変化させるための「命令」コードと、引数列を空白で区切る以下の方式とする。

命令 引数1 引数2 ...

命令列を上から順番に列挙することでプログラムを作成する。プログラム例を図4に示す。このプログラムは、お立ち台を描きその上で人型ピクトグラムが50%の確率で手を振るプログラムである。

1行目は、人型ピクトグラムの倍率を0.3倍に変更している。2行目から7行目はお立ち台に見立てる正方形をピクトグラフィックスで描画している。8行目のM(ove)命令は、X軸正方向に50ピクセル、Y軸負方向に200ピクセル移動し、人型ピクトグラムをお立ち台の上に立たせる。

9行目のR(otate)W(ait)命令は、左上腕L(left)U(per)A(r)mを反時計回りに-120度、つまり時計回りに120度、1秒間かけて回転する。R(otate)命令と異なり、R(otate)W(ait)命令は、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命令である。逐次処理と並列処理を組み合わせることで、様々な動きを実現できる。9行目から15行目では、左上を上げてさらに50%の確率で左右に3回手を振る動作を行なっている。

```

SC 0.3
PEN DOWN
REPEAT 4 // お立ち台を描く
FD 100
RT 90
END
PEN UP
M 50 -200 // お立ち台に登る
RW LUA -120 1 // 左腕を斜めにあげる
IF [rand(1,6) >= 4]
REPEAT 3 // 左右に手を振る
RW LLA -60 0.3
RW LLA 60 0.3
END
END
END
    
```

図4 プログラム例

ピクトグラミングでは、人型ピクトグラムは人間行動を模写したかのような出力を行う。一方プログラムの入力、キーボードによるテキスト入力であり、人間行動とは直接リンクしていない。そこで本稿では、人間の身体の姿勢及び動きを入力とするヒューマンピクトグラミングを提案する。実装の詳細を3章で示す。

3. ヒューマンピクトグラミングの提案

3.1 提案手法の概要

本稿で提案する手法は、人間の姿勢を推定し、その結果からピクトグラミングのコードを生成するというものである。プログラムはPythonで実装した。実装プログラムの処理手順を示したフローチャートを図5に示す。

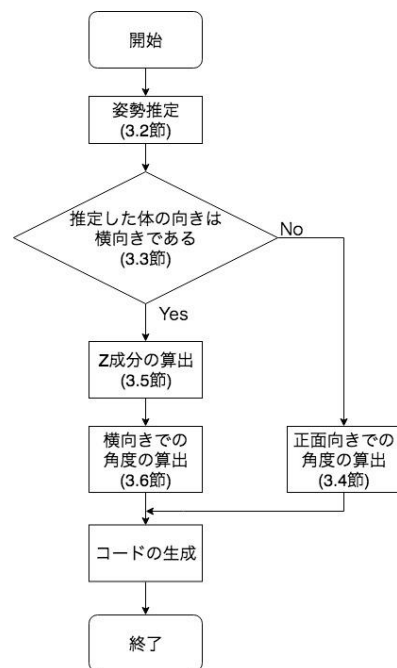


図5 実装したプログラムの処理手順

以下3.2節から3.6節で各処理の詳細を述べる

3.2 姿勢推定

人間の姿勢の解析には、OpenPose[3]を実装プログラムから呼び出している。OpenPoseとは、CMU-Perceptual-Computing-Labが開発したアルゴリズムである。単一画像から複数の人間の体や顔のキーポイントを検出することができる機械学習型動作解析処理である。CNNを用いて、画像に映る人物の肩、肘、肩など18点の位置推定を行う。図6に各キーポイントの番号と位置を示す。

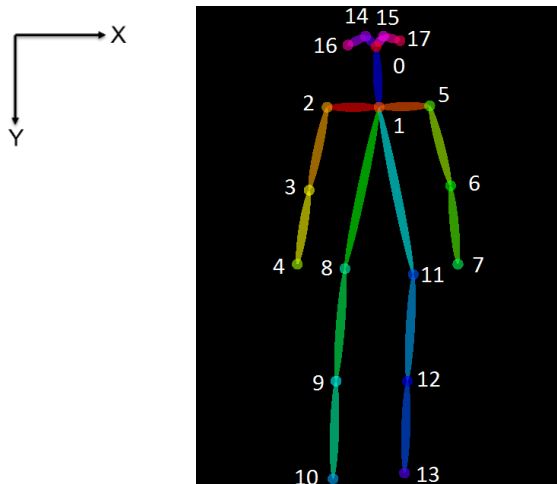


図6 キーポイントの番号と位置

本プログラムでは、OpenPoseが推定した18点のキーポイント(キーポイント番号0~17)から、新たに5つのポイントを算出する。新たに算出する点の各座標について表1に示す。なお、キーポイント番号nのx座標をx[n], y座標をy[n]と表す。

表1 新たに算出した5点の座標

キーポイント番号 n	x 座標	y 座標
18	x[2]	y[3]
19	x[5]	y[6]
20	x[8]	y[9]
21	x[11]	y[12]
22	$\frac{x[8] + x[11]}{2}$	$\frac{y[8] + y[11]}{2}$

3.3 体の向き の推定

2.1節で述べたように、ISO3864では正面方向と側面方向の人型ピクトグラムが定義されている。正面方向も側面方向も二次元図形として設計されている。しかし、人間の行うポーズは、三次元空間上で表現される。本プログラムでは、三次元空間上で表現される人間のポーズを二次元図形として表現するために、人間のポーズに合わせて正面方向と側面方向の人型ピクトグラムのどちらで表現するべきか自動判定する。

本プログラムでは、カメラから得た人間の姿勢情報から、画像内に写っている人間が「正面向きが適しているポーズ(以下、正面方向)」をしているのか「側面向きが適しているポーズ(以下、側面方向)」をしているのかを判定する。その後、その判定に基づき、正面方向の人型ピクトグラムか側面方向の人型ピクトグラムのどちらを使用するかを決定する。

まず、写っている人間の胴体と上腕または大腿の成す角度を考える。右上腕、左上腕、右大腿、左大腿のいずれも、胴体との成す角度が45度未満であれば、正面方向と判断する。そうでなければ、側面方向と判断する。

以下にそれぞれの部位と胴体の成す角度の算出方法を示す。

まず、プログラム開始時に、人間が大の字や直立不動になった際の左右それぞれの上腕、前腕、大腿、下腿の長さを推定する。推定した長さをbasisという配列に保存する。以下、basis内に保存している、ある部位(PART)の値をbasis_{PART}と呼ぶ。

次に胴体との角度を算出したい部位を構成する2点のキーポイントを考える。その二点に関して、x_{PART}とy_{PART}を以下の式(1)、(2)で定義する。なお、部位PARTを構成するキーポイント番号をn₁, n₂の2点とする。

$$x_{PART} = |x[n_1] - x[n_2]| \quad (1)$$

$$y_{PART} = |y[n_1] - y[n_2]| \quad (2)$$

具体例として、右上腕(RUA)におけるx_{RUA}, y_{RUA}は、右上腕の場合キーポイント番号2, 3であるので、式(3)、(4)となる。

$$x_{RUA} = |x[2] - x[3]| \quad (3)$$

$$y_{RUA} = |y[2] - y[3]| \quad (4)$$

胴体と各部位の角度θ_{PART}は、basis_{PART}, x_{PART}, y_{PART}を用いて式(5)で算出する。

$$\theta_{PART} = \cos^{-1} \frac{\sqrt{x_{PART}^2 + y_{PART}^2}}{basis_{PART}} \quad (5)$$

成す角度が45度未満である姿勢と、成す角度が45度以上である姿勢の例を図7に示す。

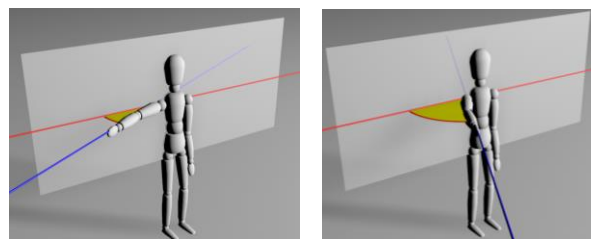


図7 胴体と右腕の成す角度が45度未満の姿勢(左)と胴体と右腕の成す角度が45度以上の姿勢(右)

3.4 正面時の角度の算出方法

3.3節において、正面方向と判定された場合の角度算出手法を示す。例として左前腕の角度、すなわち左肘の角度を求める方法を示す。

まず、1点を共通の始点とし、終点の異なるベクトル2本を考える。左前腕の場合、共通の始点はキーポイント番号6であり、異なる2つの終点は、キーポイント番号5, 7となる。この2本のベクトルの成す角を左前腕の角度とする。

以下、ピクトグラミングにおける部位ごとのキーポイント対応表を表2に示す。角度の名前とそれに対応する始点と終点のキーポイント番号を示す。

表2 部位ごとのキーポイント対応表

部位	始点	終点(順不同)
右上腕 (RUA)	2	3 21
右前腕 (RLA)	3	2 4
左上腕 (LUA)	5	6 20
右前腕 (LLA)	6	5 7
右大腿 (RUL)	8	9 18
右下腿 (RLL)	9	8 10
左大腿 (LUL)	11	12 19
左下腿 (LLL)	12	11 13

全身の傾き(BODY)の算出方法は他の部位と異なる。BODYの値は、キーポイント番号1とキーポイント番号22を結ぶ直線の傾きによって算出する。

3.5 キーポイントのz成分の算出方法

3.5節、3.6節では、3.3節において側面方向と判定された場合の角度算出方法を示す。

OpenPoseで取得することのできるキーポイントは、X,Y平面上にマッピングされる。よって、人間のポーズが側面方向の際に、キーポイントの位置から算出する上腕、前腕、大腿、下腿の長さは短くなる。しかし、実際の腕の長さは短くなることはない。算出する腕の長さなどが短くなる理由として、OpenPoseが、z成分を考慮していないことが挙げられる。そこで本プログラムでは、上腕、前腕、大腿、下腿のz成分を算出する。ここで算出するz成分は、画像内の奥行きを指す。

以下の式(6)に同じ部位(PART)のそれぞれ値をそれぞれ代入し、z成分を算出する。

$$z_{PART} = \pm \sqrt{basis_{PART}^2 - (x_{PART}^2 + y_{PART}^2)} \quad (6)$$

しかし、 z_{PART} の正負は決定できないので、今回は、正の値とすることにした。よって、本稿では、人間の右腕、左腕、右足、左足を胴体より後方に向けない姿勢を想定する。

3.6 側面方向時の角度算出方法

3.5節で算出したz成分を利用した各部位の角度算出方法を示す。例として右上腕の角度と右前腕の角度を求める方法を示す。なお、人間はカメラに対して正面を向いている。しかし、本節では側面方向時の角度算出方法の説明のため、図8のようにそのポーズを横から見た場合を考える。

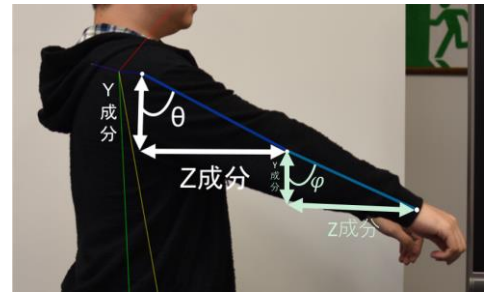


図8 横から見た図

まず右上腕(RUA)を構成する2点のキーポイントを考える。その二点に関して、zとyを以下の式(7)、(8)で定める。

$$z = z[3] - z[2] \quad (7)$$

$$y = y[3] - y[2] \quad (8)$$

各部位の角度 θ は、式(7)、(8)のy成分とz成分を用いて算出する。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{z}{y} \quad (9)$$

同様に、以下の式(10)から(12)で φ を求める。

$$z = z[4] - z[3] \quad (10)$$

$$y = y[4] - y[3] \quad (11)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{z}{y} \quad (12)$$

またRUAとRLAは以下で算出する。

$$RUA = \theta \quad (13)$$

$$RLA = \varphi - \theta \quad (14)$$

左腕、左足、右足の場合も同様の方式で求める。

4. 評価と考察

4.1 実装の評価

3章で解説した実装プログラムの評価を、所属研究室の学生3名を対象に行った。被験者には、自由にいくつかのポーズをしてもらい、合計20枚の画像を獲得し、それらに対して処理を行った。その中から5枚の結果を示す。以下図9から図12は正面方向、図13から図18は側面方向となっている。概ね人間のポーズに合致したピクトグラミングのコードを生成することができた。



図9 人間のポーズ例(1)

```
R BODY 1.0
R LUA -7.0
R LLA 162.0
R RUA 9.0
R RLA -159.0
R LUL -12.0
R LLL 9.0
R RUL 18.0
```



図10 図9のポーズを入力した場合の出力

```
R BODY 52.0
R LUA -82.0
R LLA 2.0
R RUA 75.0
R RLA -15.0
R LUL -57.0
R LLL 13.0
R RUL 8.0
```



図12 図11のポーズを入力した場合の出力



図13 人間のポーズ例(3)



図11 人間のポーズ例(2)

```
SD
R RUA 121.0
R RLA 0.0
R LUA 61.0
R LLA -12.0
R RUL 10.0
R RLL 33.0
R LUL 72.0
```



図14 図13のポーズを入力した場合の出力



図 15 人間のポーズ例(4)

SD
R RUA 79.0
R RLA -11.0
R LUA 70.0
R LLA 0.0
R RUL 20.0
R RLL 0.0
R LUL 17.0
R LLL 0.0



図 16 図 15 のポーズを入力した場合の出力



図 17 人間のポーズ例(5)

SD
R RUA 81.0
R RLA -11.0
R LUA 78.0
R LLA 0
R RUL 28.0
R RLL 112.0
R LUL 10.0



図 18 図 17 のポーズを入力した場合の出力

4.2 考察

4.1 節で評価を行った結果、概ねそれぞれのポーズに合致したピクトグラミングのコードを生成することができた。

しかし、図 18 など人間のポーズに合致しないピクトグラミングのコードを生成する例もあった。これは、3.5 節で述べた想定に反して、腕などが胴体より背中側に存在することが原因である。3.5 節で、 Z_{PART} の正負は決定できないので、今回は、正の値とすることにした。よって、腕などが胴体より後ろにある状態だとしても、胴体より手前にあると算出し、合致しないコードを生成することとなった。

しかし、図 18 は合致しないピクトグラミングのコード生成例であるが、人型ピクトグラムが左側を向いていると考えれば合致していると捉えることもできる。

以上を踏まえ、側面方向時に、右腕、左腕、右足、左足が胴体に関して同一方向に向けられている場合、人間のポーズに合致するピクトグラミングのコード生成ができたと言える。

4.3 関連研究

熊崎らは、従来の対話型のインタラクティブシステムの研究では、人が対人的な反応を取ってしまう人工物と人の間に、人と人のような自然な関係性が構築されておらず、人と人工物の間に自然な関係性を構築するためには、人から人工物への自発的な関与を引き出す必要があると述べている。その上で、人間の姿勢から人は棒人間のような単純な物体でも、同じコンテキストのもとで、自分の振る舞いをデフォルメした棒人間にデザインすることで、その振る舞いから感情を推測し、共感できるという仮説を立て、実験によって検証している[4]。坂本らは両腕の上げ下げを命令できる、ひよこのキャラクターを用いたプログラミング学習ツールを提案している。しかし、いずれも本件のような人間が姿勢をとることで直接姿勢を入力できるインターフェースは備えていない[5]。

5. まとめと今後の展望

本稿ではヒューマンピクトグラミングの提案と評価を行った。その結果、人間の姿勢を推定し、ピクトグラミ

ングのコードを自動生成することができた。しかし、一部、想定とは異なる出力となったものも存在するため、今後も手法を改良していく。また、ピクトグラミングのアニメーションへの対応を行う予定である。

参考文献

- [1]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, 2018, vol. 4, no. 2, p.47-61.
- [2]太田幸夫: 国際安全標識のピクトグラムでデザインの研究, 入手先 (<http://www.tamabi.ac.jp/soumu/gai/hojo/seika/2003/kyoudou-ota1.pdf>) (参照 2018-7-26)
- [3]Cao, Z., Simon, T., Wei, S.E., and Sheikh, Y.: Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields, Computer Vision and Pattern Recognition , arXiv:1611.08050, (2017)
- [4]熊崎周作, 竹内勇剛: 他者性の知覚と共感を誘発する自己投影像, 日本認知科学会第31回大会論文集, P3-10, pp. 724-730 (2014)
- [5]坂本一憲, 本田澄, 音森一輝, 山崎頌平, 鷺崎弘宜, 深澤良彰: まねっこダンス: 真似て覚えるプログラミング学習ツール, コンピュータソフトウェア, Vol.32, No.4, pp74-92(2015)