

「イジロー」：人のちょっとした反応するロボット

甲谷 勇二郎 迎山 和司

公立はこだて未来大学システム情報科学部

IJIRO: a Robot which Expresses Emotions Reacting a User's Actions

Yujiro Kabutoya Kazushi Mukaiyama

Faculty of Systems Information Science, Future University Hakodate

b1006166 @ gmail.com, kazushi @ fun.ac.jp

概要

「イジロー」は、ユーザが触れて行う身体的動作に反応し、表情や音声を出力してユーザとコミュニケーションするロボットである。作品は円柱型のアクリルケースの中に入出力を行うデバイスを固定し、ケースの中からLEDを光らせることで表情を表現することができる。音声はパーソナルコンピュータに直接接続したスピーカーから出力される。ユーザは「イジロー」を持ち上げて触れたり、置いた状態で触ったりすることができる。「イジロー」は自らは動くことはできないが、ユーザの動作の種類・大きさ・方向性・頻度から表情を変化させ、音声を出力することで自分の感情を表出する。本作品は、これらのインタラクションを行うことにより、ユーザが実際に生きているものと触れ合っているような感覚を引き起こし、ロボットが心を持ったものとして認識され、ユーザが愛着を持った関係形成を行えることを目的として制作した。本作品は公立はこだて未来大学3階ミュージアムや保育園にて展示を行った。展示の結果から、「イジロー」とのインタラクションによって笑い声や驚きの声を上げるユーザが多く確認できた。この結果を踏まえて、有機ELディスプレイを使用しスピーカを内蔵した改良版を制作した。今後はこの改良版を展示して評価し「イジロー」の処理速度の向上とより表現力の高いハードウェアを使用したプログラムの制作を行う。

Abstract

Ijiro is a robot which expresses emotions reacting a user's actions. Boldly, it consists of a matrix LED, an accelerometer and a cylinder case. Ijiro doesn't have any actuators. Then it isn't able to move itself. A user, however, can have it touching, lying, standing, swinging, hanging and so on and it senses a user's actions. Then, it expresses emotions with face in the display and voice from the speaker. For example, if a user swings it softly, it reacts smile back. But if a user swings it roughly, it reacts angry back. So, users will feel it like a baby. It, actually, is characterized baby's emotions based on cognitive science. Also, Ijiro's shape is designed a cylinder. It is considered to get various user's actions because only a cylinder can be stood, lied, rolled and so on in primitive shapes. Ijiro has been developed to make a friendship through the emotional interaction between people and machines. We showed it to people at our school museum and a kinder garden. As the result, we saw many people was laughing and surprising with Ijiro's interaction. Now we continue to improve it using with an OLED display, an internal speaker and so on.

1 はじめに

1.1 背景

近年では、産業のみならず、私たちの生活の様々な場面においてロボットが導入されてきている。その中でも、人と直接関わり、人の生活環境を支援する介護用ロボットなどには、入力に対するレスポンスの速さや的確さのほかに、人と円滑なコミュニケーションを実現し、人と自然な関係を形成できることが求められている。人との自然な関係形成を可能とするには、人に過度のストレスを与えないことや、人の活動を支援するツールとして機能を効率よく使いこなせるか否かだけでなく、人がロボットを、心を持った他者として認識できることが重要である。言葉という信号のみの伝達・授受や入力に対する単なる応答にとどまらず、互いの情動を認識し、推定しあい共有することによる「情動のつながり」が、心を持った他者として認識されるための要件のひとつである。人とロボットとの関係にもこの「情動のつながり」を実現することは人とロボットとの関係形成において有用といえるのではないだろうか。

1.2 研究目的

本研究では、ユーザがロボットに対して行う身体的な入力に対して、表情や音声を出力することでユーザとコミュニケーションする「イジロー」というロボットの制作を行う。作品の制作を通して、ユーザとロボットの間で行われるコミュニケーションがどのようにユーザの印象を変化させるか観察し、心を持っているかのように振舞うことができる人工物のインタラクションを考察する。そしてユーザがロボットに対し愛着を持つような関係形成を可能とするロボットの実現が本研究の目的である。

2 人のコミュニケーション発達

2.1 ロボットへの利用

人と円滑なコミュニケーションを可能とするロボットやコンピュータシステムを実現するための取り組みとして、人自体がもつコミュニケーション能力やその発達過程が近年注目されており、その分野の研究が盛んに行われている。特に人の乳幼児期のコミュニケーション発達には有力な情報源とされている。例えば、小島秀樹らによって開発された Keepon は、乳幼児と母親の前言語的なコミュニケーションの分析から制作されたロボットである [1]。Keepon に関しては 3.1 節にて詳細に述べる。

2.2 乳幼児のコミュニケーション

乳幼児のコミュニケーションの発達過程を理解することは、ユーザが愛着を持つような関係形成を可能と

するロボットの実現という本研究の目的において有用である。乳幼児の容姿や振る舞いを愛しく思うことは人間に本来備わっている自然な感情である。よって乳幼児と人のコミュニケーションを再現することで、愛着をもった関係形成を行えるロボットの実現が可能になると考える。乳幼児のコミュニケーションにおいて、乳幼児に実際に触れて行う動作に対して乳幼児の情動が変化することがある。例えば乳幼児を抱いている時、ゆっくり大きく揺らすと乳幼児は寝つき、激しくリズムカルに揺らすと乳幼児は面白がって笑顔になることが多い。これは、乳幼児が物事を知覚する際の、その活動水準やパターン、リズムなどの様々な要素を広く包括的に捉えた感覚によるものであり、広義の情動であると考えられている。この感覚は、私たちが生まれつき本能的に持っているものであり、“vitality affect” と呼ばれ、力動感、生気情動などと訳される [2][3]。乳幼児はその「力動感」を身体を介して感じ取ったり、または自分の動作から無意識に伝えたりすることで空間・時間を共有する他者との情動のやり取りを行っている。そしてこの情動のやり取りが身体的コミュニケーションの根幹をなすものだと考えられる [3]。

3 関連研究

3.1 Keepon

2.1 節で述べたとおり、Keepon は乳児のコミュニケーション発達過程の分析から制作されている。生後 2 ~ 3 ヶ月の乳児は、母親（相手）の顔に注意を向けアイコンタクトをとる。また共同注意 [1] と呼ばれる相手が注視している対象や事象に注意を向ける行為が見られる。そしてそれに伴って仕草や行為、表情や声などから、自らの情動を表出する。これらの性質から、乳児には自ら特定の他者とのつながりを求める姿勢が見られる。Keepon は頭を上下左右に動かし、人の顔や人が注意を向けている対象に対して注意を向けるアイコンタクトや、共同注意が可能である。また、首を傾げたり、上下に伸縮させたりすることで情動を表出している。これらのアイコンタクトや共同注意、それらに伴った情動の表出から Keepon は人の乳幼児期におけるコミュニケーション発達を再現している。

3.2 Yotaro

Yotaro は筑波大学大学院の小野千代子らによって制作された乳幼児の感情表現や動作、生理現象を再現したインタラクティブ作品である [4]。実際の乳幼児の肌や体温を再現しており、顔や体に触れることで、声や表情の変化のほかに、手足を動かす、鼻水を垂らす、顔の血色が変化するなどの反応を返す。また、がらがら遊びができ、道具を使ったコミュニケーションも可能である。ユーザは実際に Yotaro に触れたり、道具を使ったりすることで、擬似的に乳幼児とのコミュニケーションを体験することができる。

3.3 かおさがし

かおさがしは北陸先端科学技術大学院大学の松本遥子らによって制作された顔に見える「物」とのインタラクションを実現するインタラクティブ作品である[5]。人が「顔に見える」と認識したものが、ユーザのあらゆる動作に対して表情が変化したり声が出たりなど生き物のように振舞い、ユーザとのコミュニケーションを体験することができる。人形型デバイスに内蔵されたカメラで顔に見える物を撮影すると、撮影された画像の目口となる部分を認識し、表情を変化させたアニメーションを人形型デバイスのタッチパネルディスプレイ部に表示する。そしてタッチパネルに触れたり、デバイス自体を揺らすことで、インタラクティブに音声と表情が変化する。表情の変化には、「怒り」「喜び」などの感情パラメータを加速度センサからの刺激によって変化させている。

4 「イジロー」

4.1 概要とコンセプト

「イジロー」は、ユーザが実際に触れて行う身体的動作に反応し、表情の変化や音声を出力する円柱型のロボットである(図1)。ユーザがロボットとのインタラクションによって、実際に生きているものとコミュニケーションをとっているような感覚を引き起こし、ロボットが心を持ったものとして認識されることを目指す。そしてユーザがロボットに対し愛着を持つことができる関係の形成を実現することが本作品の狙いである。



図1: 「イジロー」

本作品「イジロー」のコンセプトは「ユーザのちょっかいに反応するロボット」である。本作品において、ユーザが「イジロー」に対して触れた身体的な動作を行い、「イジロー」がその動作に反応して情動を表出することでコミュニケーションが成立する。「イジロー」は2.2節で述べた、母親と乳幼児の「力動感」における身体的なやり取りを再現しユーザとのコミュニケーションを実現する。乳幼児が母親に抱かれ、母親の動きの大きさやリズムに反応し、笑ったりぐずったりして情動のやり取りをするように、「イジロー」はユーザからの身体的動作の大きさ・種類・頻度・方向などから表情や音声にて情動を表出する。このユーザとロボットのコミュニケーションの構図において、ユーザ

のロボットに対する動作は私たちが日常行っている行為の中では「ちょっかい」に近く、動作自体は主に指先や手を使ってロボットを動かす「いじる」という表現に近い。このことから、つついちょっかいをかけてしまいたくなるロボットにしたいという思いから名前を「イジロー」とした。

4.2 「イジロー」のコミュニケーション

ユーザは「イジロー」を直接持って、または置いている状態で触ることができ、これが「イジロー」に対する入力となる。それに対応する「イジロー」の出力は、顔部の描写と音声の2つに分けられ、さらに顔部の描写は表情の変化と顔の位置、視線・瞬目の変化に分けられる。顔の位置・視線は、ユーザが自分の動作にロボットが反応していると直感的に理解できるように、ユーザの動作の方向性に関連付けられており、ユーザが「イジロー」を振るとその振った方向に顔が揺れ、「イジロー」を傾けると傾けた方向に顔の位置がずれる。また「イジロー」を回転させると回転させた方向に目が回り、イジローを動かすと動かした方向の反対、つまり力点の方向に視線を動かす。これらの出力は「イジロー」の情動の表出に直接関わることではないが、ユーザに自身の動作が「イジロー」に影響することを直感的に理解されることが期待できる(図2)。

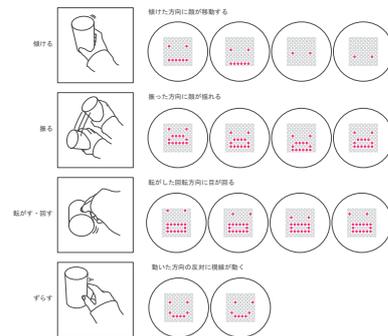


図2: 「イジロー」の視線と顔の位置の変化

イジローは「覚醒 沈静」「快 不快」といった2つの心理的パラメータを持っており、それらのパラメータに対応する表情と音声を出力する。各パラメータの値は動作の大きさ・頻度や「イジロー」の姿勢によって変化するため、イジローに対して行った動作によって表情が変化する。大きな動作をした場合「イジロー」は驚いたような表情に変化し、大きな動作を継続して行っていくことで徐々に怒ったような表情に変化していき、瞬目の頻度が増える。またやさしく動かすと穏やかな顔になっていき、笑顔に変化していく。ユーザが動作を行わないときは徐々に無表情に変化していく。横たわらせてしばらくすると「イジロー」は眠たそうな表情に変化して寝てしまう。音声は表情に対応しており、「イジロー」が出力した表情と入力の強さにあわせて音声再生される。このように、表情や顔の位置・視線・瞬目と音声を複合的に出力するこ

とで「イジロー」はユーザの動作に対して情動を表出する。

4.3 関連研究との相違点・新規性

本作品と第3章にて述べられた関連研究との一番の違いは、ロボットが制御部に対して完全に独立している点である(表1)。「イジロー」はパーソナルコンピュータ(以下PC)との無線通信にて制御を行っている。そのため、ロボットに直接触れることでコミュニケーションを実現する作品の中での有線で制御を行っているものに比べてより動作の制限が少ない。それに加え、片手で持つことができる大きさ・重さであるため、ロボットを容易に持ち上げたり、位置や傾きを変えたりするような動作が入力として可能である。これらの点から、イジローは他の関連研究作品と比較して、ロボットの体全体に触れることができ、より自由に触れ合いによるコミュニケーションを行えることが利点である。また、Keepon との大きな違いはコミュニケーションの方法の種類である。ユーザがロボットに触れる事で成立するコミュニケーションではユーザとロボットの物理的な距離も十分近いと言える。そのため、ユーザとのより密接な関係形成が期待できる。ロボットに触れることでコミュニケーションを実現している作品の中でも、ロボットが完全に独立しており、ロボットを転がす・振るなどのロボットの体全体を動かす動作が可能な作品は少ない。この点が本作品「イジロー」の新規性である。

表 1: 関連研究との相違

	有線・無線	入力	出力
Keepon	土台が制御部	人の顔や物の位置	視線, 首の傾き
Yotaro	有線	触れる, 道具遊び	表情, 汗, 音声
かおさがし	有線	触れる	表情, 音声
イジロー	無線	触れる	表情, 音声

5 システム概要

5.1 形状

ロボットの形状を決めるにあたって、形状に対するユーザの行為の誘発を明確にするため、形状をプリミティブなものに絞るところから始めた。そしてプリミティブな形状(球体・直方体・円柱・三角柱・円錐・三角錐)からインタラクションの多様性と生き物らし

さといった2つの基準にて考察した結果、円柱型を採用することとした。インタラクションの多様性という点における考察では、動作を「転がす」「回す」「倒す(傾ける)」「振る(揺らす)」「平行移動」という5種類に大別し、各々の形状に対しその動作を行いやすいかどうか、可能かどうかを検討した。「回す」「振る(揺らす)」「平行移動」といった動作はどの形状に対しても可能であるが、「倒す」という動作は球体で行うことができない。また「転がす」という動作は球体、円柱、円錐に対しては可能であるが、他の形状では行われにくい。この点で円柱と円錐が動作に多様性がある。プリミティブな形状に顔部を設ける場合、実装の実現性の面から見て平面につけるのが妥当である。よって顔部は円柱ならば上面(底面)、円錐の場合は底面につけることとする。円柱の上面に顔部をつけた場合、ロボットを「立っている状態」と「横たわっている状態」、そして「逆さまの状態」にすることができる。これに対して円錐は「立っている状態」にすることが出来ない上に、一番安定する姿勢が「逆さまの状態」になってしまう。これらの考察から、ロボットをより擬人的に認識されることを期待し、形状を円柱型とした。デバイスを入れるケースは片手で持つことができる程度の大きさで、かつ中に入力・出力デバイスを入れることができ、外側からデバイスが見えないよう蓋のついた厚さ5mm、底面の円の直径が80mm、高さが140mmの円柱型ホワイトアクリルを使用した(図3)。

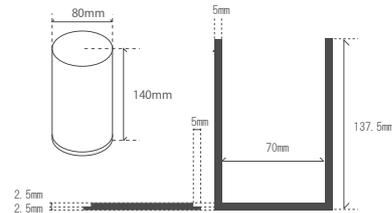


図 3: アクリルケース設計図

5.2 ハードウェア

入出力を行うデバイスにはフィジカル・コンピューティング・ツールキットである Funnel I/O モジュール(以下 FIO) [6] (図4)を使用した。FIO はフィジカル・コンピューティング・ツールキット Gainer の拡張版であり無線通信が出来るので、Gainer と比べてケーブルによる束縛がないことが大きなメリットである。FIO はリチウムイオンポリマー充電機に接続することを想定しており、無線通信モジュールである Xbee を接続することで PC との無線通信が可能になる。

今回は FIO にユーザの動作を検知するためのセンサとして3軸加速度センサ(以下加速度センサ) LIS302DL, デジタルコンパス(以下コンパス) HMC6352 を接続し使用した。加速度センサは3次元空間における加速度と傾きの検知を行い、コンパスは地磁気による方位の検知を行う。これらのセンサを

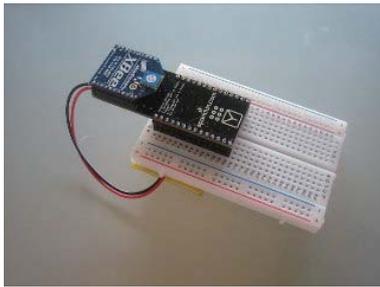


図 4: FIO と Xbee, リチウムイオン電池

使用することで、ユーザのロボットに対する入力
の大きさ、方向性、種類を判定する。ロボットの顔部
の出力に関しては 8×8 の赤色 LED ドットマトリクス
TOM-1588BH (以下 LED ドットマトリクス)、そ
のディスプレイドライバとして MAX7219 を使用し、
同じく FIO に接続している。赤色 LED およびその
ディスプレイドライバは 5 V の電源を必要とするが、
FIO 自体は 3.3V の電源を使用しているため、FIO と
ディスプレイドライバとの間に昇圧回路を介し、5 V
の電源を供給している (図 5)。これらの入力・出力
デバイスは全て乳白色の円柱型アクリルケースの中
に入れ (図 6)、LED ドットマトリクスをアクリル
の上面に接触させる。アクリルケースと赤色 LED が接触
している面が顔部となり、赤色 LED の光がアクリル
を透過することで顔部の描写が可能である。FIO は
ユーザの大きな動作にも耐えることができるよう内側
の側面に固定し、内部の衝撃を緩和するために緩衝材
を入れた。音声出力は PC にスピーカーを接続し、そ
のスピーカーから出力する。

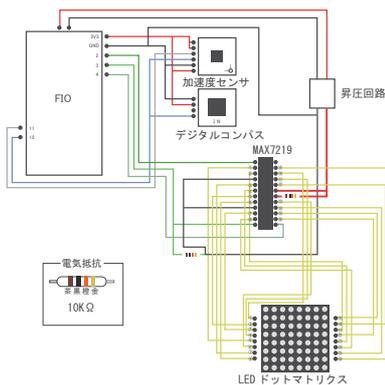


図 5: 「イジロー」回路図

5.3 ソフトウェア

ソフトウェアの開発環境として Adobe 社製 Flash
CS3 Professional と Funnel システムを用い、各セン

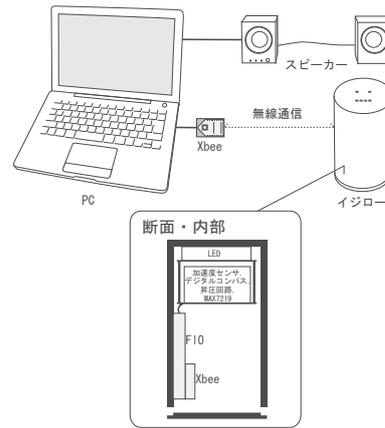


図 6: 作品構成

サの値をデバイスから受け取り、動作判定を行い、表
情を赤色 LED パターン信号としてデバイスに送信す
るプログラムを開発した。ロボットに対する入力は加
速度センサ、コンパスの値から判定する。

5.3.1 入力

入力処理は、まずユーザがロボットに触れたかど
うかを判定する。FIO が取得する加速度センサは X、
Y、Z 軸ともに $-1.0 \sim 1.0$ の間の値を取り、コンパスは
 $0 \sim 360$ の値を取る。「イジロー」のプログラムは、フ
レームレートを 20FPS に設定し、過去 30 フレーム
分の加速度センサ、コンパスの値を配列に保持してい
る。そして過去 30 フレーム分のセンサの値の最大値
と最小値を計算し、加速度センサのいずれかの軸の最
大値と最小値の差、あるいはコンパスの値の 1 フレ
ーム前の値との差が一定の数値を超えた場合、ユーザが
「イジロー」に触れたと判断される。このプログラム
で実際に置いてある状態から指でつく程度、もしくは
持ち上げる程度でも「イジロー」が反応するようにな
っている。ユーザが触れたと判断されると、ユーザ
がどのような動作をしたかの判定が行われる。判定す
る動作は「回す・転がす (回転運動)」と「振る (往
復運動)」、「ずらす (平行移動)」の 3 種類に分けら
れる。「イジロー」の回転運動の判定は、取得したコン
パスの値と 1 フレーム前のコンパスの値との差を加算
していき、その値が一定の数値を超えると「回した」
と判定され、その回転角度とフレーム数から回転速度
を計算する。「イジロー」が回されたと判定されなかつ
た場合、「振る」動作が行われたかどうかの判定を行
う。「振る」動作が行われていなかった場合「ずらす」
動作が行われたと判定される。振る動作の判定は、過
去 30 フレームの加速度の平均を計算し、平均値から
一定の数値分上回った場合と下回った場合を検知する
ことで、「振る」動作が行われたのか、ずらす動作が行
われたのかを判定する。「振る」動作が行われたと判
定された場合、どの向きに振られたかを判定し、「ず
らす」動作が判定されたときはどの向きに動いたかを判
定する。「イジロー」の姿勢の判定は、加速度センサの

平均値から現在どの程度、どの方向に傾いているかを計算して判定する。姿勢は大きく「立っている」、「横たわっている」、「傾いている（上向き）」、「傾いている（下向き）」、「逆さまになっている」の5種類に分けられる。なお、「傾いている（上向き）」に関してはその傾きの方向と傾きの度合いを計算する。

5.3.2 出力

ロボットにはLED ドットマトリクスで表現可能な32種類の表情を用意している。表情は“01000010”というような0と1による8文字の文字列8個の配列という形で保持されている。そしてそれぞれの表情に名前をつけ、オブジェクトとしてプログラムで管理している。顔部の出力は0-1の文字列配列を2進数の配列に変換してディスプレイドライバに送信することで可能である。その際、1となっている部分のみが光るようになっている（図7）。

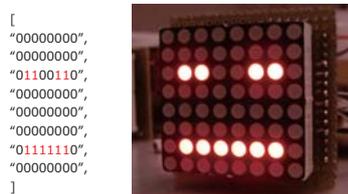


図7: 配列の値と出力される表情の対応

表情はロボットに「覚醒 沈静」、「快 不快」という入力に影響を受ける2つの心理的パラメータを軸とした2次元座標にマッピングされており、2つのパラメータの昇降により変化する。またこれらのパラメータは「イジロー」の瞬目にも反映させる。この表情と瞬目の変化については、第6章で詳細に述べる。顔の位置の変化は「イジロー」が傾けられたときや、「振る」動作が行われたときに表現され、視線の変化は、「ずらす」動作、「回す・転がす」動作が行われたときに表現される。顔の位置は、加速度センサの値から計算された傾きの値、その傾きの方向と度合いに対応している。顔の位置や視線の変化の表現は、表情配列の数値を変遷させる、あるいは配列の要素を操作することで表現可能である。音声はAudacityを使用して作成した。Audacityとは音声処理ソフトウェアの1つで、WAV・MP3などの音声ファイルの編集・加工が可能である。このソフトウェアを使い、人の笑い声、驚いたときの声などの音声を録音し、ピッチを上げた音声ファイルを作成しプログラムで出力している。音声の出力についても第6章で詳細に述べる。

6 表情音声出力と心理状態

6.1 心理的パラメータ座標への表情のマッピング

人と人との、またロボットと人とのコミュニケーションにおいて心理状態の伝達は重要な要素であり、ロボットが心理状態を表現するインターフェースとして表情を用いることは大きな有用性を持っている。ロボットが心理状態を表現するためには、ロボットの心理状態に表情を対応させて出力する必要がある。表情の心理的印象に関する研究では、心理的印象は「活動性（覚醒 沈静）」、「快 不快」で構成される次元が抽出されている[7]。また、その心理的な2次元空間と、目や口の開き具合などを表す「湾曲・開示性」と眉や目のつりあがり具合、たれ具合を表す「傾斜性」で構成される顔の視覚的な情報次元には高い相関関係が見られることもわかっている[8]。このとき「湾曲性・開示性」は「活動性（覚醒 沈静）」、「傾斜性」は「快 不快」パラメータに対応する。これらの研究を参考にし、本作品では、ロボットに「快 不快」、「覚醒 沈静」の2つの心理状態を表すパラメータを用意し、その2つのパラメータによる2次元空間にデザインした32種類の表情をマッピングし（図8）、イジローの心理状態パラメータの推移から表情を出力する方法と、ロボットの姿勢、ユーザの動作の種類から表情を出力する方法の2つを用意した。主な表情の変化は心理状態パラメータの値を反映するが、ユーザの特定の動作（転がす・回す、逆さまの状態にする）をおこなった場合にのみ、その動作に対応した表情が出力される。「覚醒 沈静」「快 不快」の両パラメータは、-100~100までの数値を持つ。表情を制作する際、目の部分はLEDドットマトリクスで描写するため、3つ以上の点で描写すると表情が不自然になり、顔と認識しにくい印象を受ける可能性があったため、2つ以下の点で描写することにし、口の描写と複合的に組み合わせて表情を制作した。

6.2 音声のマッピング

音声は同時に出力されている表情に対してより違和感がないものを再生するべきである。ここでいう違和感とは、出力している表情の口の部分が閉じている状態であるのに対して、出力する音声で口を開けることで発音可能なもの（あ段の発音など）であったときに感じられる違和感である。違和感のない音声の出力をするため、作成した音声ファイルは、表情に対応させており、対応している表情の口が開いている場合はあ段・お段の発音、口が閉じている場合はう段を発音するものになっている。そして笑顔の場合には「ははは」、「ふふふ」などの笑い声、怒った表情の場合は「ううう！」などその心理パラメータに沿った音声に対応させる。また、音声ファイルは1つの表情につき3~5個の音声ファイルが対応しており、音声はその対応した表情が出力されている状態で触れたと判断された際に再生される。表情に対応した音声のうち、どの音声ファイルが再生されるかは、動作の大きさに依存する。動作が大きいときはボリュームが大きな声が再

6.4 瞬目率

ロボットの印象は瞬目率にも大きく影響を受ける。瞬目率とは、瞬目の頻度のことである。高嶋ら [9] の研究によると、人やロボットの瞬目率においては 18blinks/min の瞬目率をもっとも親近性の高い印象を持つことがわかっている。人の瞬目率は平均して 20blinks/min 程度であるが、心理的要因に影響を受けて変化する。怒り、興奮などの心理的緊張は瞬目を増加させ、逆にリラックスした状態は減少させる。このことから、「イジロー」の瞬目率は、心理的「覚醒沈静」パラメータの値が 0 の時を 18blinks/min とし、値の高さにあわせて昇降するようにした。

7 展示と観察

7.1 目的と方法

「イジロー」の展示の目的は、ユーザが自然に「イジロー」とコミュニケーションができるように、操作方法を説明せずとも理解できるか、という点から見たときの問題点を抽出すること、またユーザの反応を観察し、ロボットの表情や音声の出力によるインタラクションの問題点を抽出することが目的である。展示の方法としては、ユーザに対して操作説明を一切行わない状態で触ってもらい、その動作や反応を観察するという形式をとった。

7.2 研究室展覧会・保育園での観察

2010 年 1 月 20 日から 23 日にかけて、公立はこだて未来大学 3 階ミュージアムにて研究室展覧会を行い、本作品を展示した(図 9)。主なユーザは本学学生と教員であった。なお、展覧会の初日と 2 日目に得たユーザの意見から、3 日目は音声のプログラムに関して大幅に改良を施し、音声ファイルを増やした。また 2010 年 3 月 4 日、函館市赤川保育園にて 3 歳～5 歳の園児約 15 名を対象に実際に触ってもらい、その様子を観察した。その際、音声は PC 内臓のスピーカーから直接出力した。

7.3 観察結果

展覧会での展示では、入力の大さや種類・方向性から「イジロー」の表情や音声に変化することに驚くユーザや、笑い声をあげるユーザが多くいた。また多くのユーザから「かわいらしい」、「おもしろい」、「愛着がわきそう」といった肯定的な意見を得ることができた。以下に展覧会ユーザから得たその他の意見を記述する。

- 短期的な感情の推移ではなく、長期的な推移(例えば長時間大きな動作ばかり続けているとだんだんイジローが慣れてくるなど)があると飽きないのでは？



図 9: 研究室展覧会での作品展示の様子

- 同じ音声が何度も繰り返し再生されるのが不自然だ。
- 機械だと思つと「壊してしまうのではないかと」思ってしまうため、大きな動作をしにくい。
- 顔の部分の動きはもっと滑らかなほうがよい。
- 顔だということに最初は気づかなかつた。

7.3.1 行動

ユーザの中で多く見られたのは「転がす」動作で、特に「イジロー」が横たわつた状態でユーザが触れる際に多かつた。他に、起き上がりこぼしの要領で「イジロー」を揺らす動作や「傾ける」という動作も多く確認できた。ユーザの多くが「イジロー」の顔部を眺めながら「イジロー」に触れていたが、中には顔を見ずに触れていたユーザもいた。顔部を指でなでる様に触って反応を見る人など、操作をすぐに理解できず、想定していなかつた動作を行うユーザも見受けられた。「振る」動作を行っているユーザは少数であつた。保育園での観察の際、「イジロー」の顔部の出力からユーザの「口が動いた」、「目が動いた」などの発話が確認でき、また表情の変化から笑顔になるユーザが多く確認できた。また、床に直接置いた状態で触ってもらつたということもあり、「転がす」動作が多かつた。

7.3.2 音声

音声部分のプログラムを改良した点に関しては、展覧会での改良前と改良後のプログラムの両方を体験した数人の方々から「自然になつた」、「印象が良くなつた」といった感想を得た。保育園では、ユーザ自らが離れた場所から音声出力を行っている PC に近づく場面や、「イジロー」を PC から遠い場所でユーザが遊んでいるときに PC の近くにいた他のユーザが出力された音声を聞いて「泣いてるよ」と「イジロー」を持つ

ているユーザに話しかける場面が確認できた。この結果から3～5歳の低年齢のユーザに対しても顔部の出力が表情として認識されることや、PCからの音声出力を「イジローの声」と認識していることがわかった。

8 考察

8.1 操作方法

展覧会での展示や保育園での観察の際「転がす」動作を行ったユーザが多く見られた点に関しては、形状が円柱だったこと、そして入力デバイスの重心が中心からずれていたことが理由に挙げられる。円柱という形状が動作を直感的に理解させ、また重心が中心になかったことで、「おきあがりこぼし」のように揺れるようになったことから、ユーザが「転がす」動作を連想しやすい状態であったと考えられる。操作を直感的に理解できないユーザが見られたことに対する課題点として、デバイスの改良が挙げられる。研究室展覧会の際に見られた、顔部を指でなでるように触るといったユーザの動作を現段階のデバイスで検知することはできず、検知するためにはタッチパネルなどの他のセンサをデバイスとして使用しなければならない。

8.2 出力方法

8.2.1 表情

表情の出力に関する大きな問題点にはユーザの入力に対するレスポンスの遅さと、LEDドットマトリクス表現力の限界が挙げられる。現状では、LEDを光らせる処理を行うことにより、無線通信の遅延がおきてしまい、LEDがプログラム通りの動作をしないことが多くなってしまっている。「イジロー」を傾けた時の顔の位置がずれるアニメーションが不自然でわかりにくいといったユーザからの意見を得ているのはこの遅延が大きな原因だと考えられる。遅延が起きてしまうことによって大きく影響を受けるのは顔の位置の変化だけではなく、1フレーム単位で変化する「イジロー」の瞬目の描写もあり、実際に出力されている瞬目率が設定している瞬目率と大きく差が出ている。このため、展示の際に「イジロー」の瞬目率の変化を感じ取ったユーザは少ない可能性がある。また、LEDドットマトリクスにて表情の出力を行っているため、ユーザがLEDの光のパターンを顔と認識しにくく、ロボットのアニメーションがユーザにとってわかりにくいものになってしまっている。これらを解決するために、より表現力が高く遅延が起りにくいデバイスの使用、ハードウェア・ソフトウェア両面からの処理速度の向上が今後の大きな課題点である。

8.2.2 音声

展覧会での展示では、音声出力に対するユーザの反応が大きく、また「イジロー」の顔部を見ずに、音声の反応のみを体験していたユーザもいたことから、

音声出力の効果が大きいことがわかった。また初日と2日目より音声を大幅に変えた3日目の方が好印象だというユーザの意見もあり、音声の種類は多い方が評価が高いと言える。しかし、スピーカーがロボットの外に設置されているため、音声はユーザに「ロボットから発せられた音声である」と認識されない可能性があることが現状の問題として考えられる。この問題を解決するためには、デバイス自体にスピーカーを内蔵する必要がある。現在、Bluetoothスピーカーが内蔵可能なデバイスとして考えられるが、音声再生をする際に生じる遅延が大きいことが問題である。また、同じ音声は複数回繰り返して再生された際、ユーザから「不自然だ」という意見を得たことから、音声を出力する場合、同じ音声を繰り返して再生しないような制御をする必要がある。

9 改良

展示の結果から、より扱いやすくユーザへの反応速度が速い「イジロー」にするために改良を行った。変更した部分は、表示画面に有機ELディスプレイ(以下OLED)の採用、スピーカーの内蔵および全体の小型化である。表示画面をOLEDに換えたことによって、直径80mmx高さ140mmから直径35mmx高さ100mmの円柱に小型化することができた。この小型化により「イジロー」を手のひらに持ちやすくなりよりユーザが扱いやすくなったと考える(図10)

9.1 表示画面

現在の「イジロー」の問題の一つに表示の表現力の乏しさがある。この問題を解決するためにLEDドットマトリクスから4D Systems社の μ OLED-96-G1というOLEDに表示部を交換した。OLEDは小型のディスプレイ装置で主に携帯電話などの表示部に使われる。このため表現力は赤色1色の8x8ピクセルから、6万色の96x64ピクセルに向上した。このOLEDはmicroSDカードスロットを持っていて、画像データをこのスロットに差し込んだメモ리카ードに記録しておくことができる。記録した画像はシリアル送信で記録されているアドレスを指定して表示する。LEDドットマトリクスの時は表示データそのものをシリアル送信していたため、送信量が多くユーザへの反応が悪くなってしまっていた。しかし、OLEDでは画像データを内蔵しているので送信するデータは4バイト程度ですむ。このため反応速度が向上した。また、アニメーション再生も可能である。画像は実際の人物の表情を撮影した。モデルとなる人物に決められた表情をしてもらい、動画として撮影したデータを画面いっぱいに表示されるように加工した。

9.2 音声出力

データ送信量の限界から音声は制御しているPCから出力していたが、「イジロー」自体から発声していないため7.2節のようにユーザがわざわざPCの前に

いって確かめるといったことがあった。この問題の解決のために音声再生用モジュールを作成して内蔵した。このモジュールは VS1011e という mp3 デコーダチップを使用している。OLED と同様に microSD カードスロットを搭載したので i2c 接続でメモリカードに記録した mp3 音楽データを再生させることができる。このモジュールもまた送信するデータは 4 バイト程度ですむので反応速度は落ちることはない。

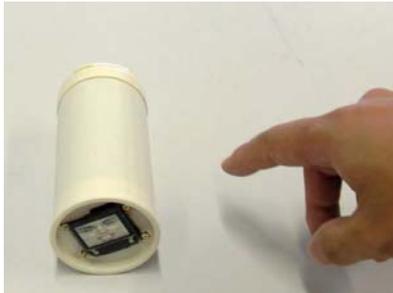


図 10: 改良したイジロー

10 まとめと今後の展望

10.1 まとめ

本研究では、ユーザとのコミュニケーションが可能なロボット「イジロー」を制作した。作品の制作を通して、ユーザとロボットの間でのコミュニケーションによるユーザの印象の変化を観察し、考察した上で、心を持っているかのように振舞うことができるロボットのインタラクションの追求を行った。展示の結果、ユーザがロボットとのインタラクションによってロボットへの印象を変化させることが確認できた。しかし、直感的な操作の実現という点や、イジローの表現力においては問題点が確認できた。直感的な操作の一番の妨げとなったのはユーザの入力に対するレスポンスの遅さである。このため表示部を OLED に交換してデータをロボットに内蔵し、制御側から送信するデータを少なくすることによってレスポンスを向上させた。また、音声出力も内蔵することによってよりロボットから発声されているようにした。

10.2 今後の展望

今後の展開として小型化した作品の展示と複数台の同時制御を考えている。複数台を同時に使用する目的はロボット同士でのインタラクションを可能にすることである。ロボットが互いの情動に影響を及ぼし合い、ロボット同士で感情を共有することで、ユーザとロボットとの間だけではないコミュニケーションの実現が可能になる。このため、例えば、一つの「イジロー」が乱暴に扱われていると、触られていないほかの「イジロー」達が不安な表情になるといったロボッ

ト同士が情動を共有しコミュニケーションして状態をユーザが体感できることを期待している。複数制御のためにはさらなる送信データの軽量化が必要と思われる。このため現在 PC からおこなっている制御を「イジロー」自体に内蔵し独立して動くようにする必要があると考える。内蔵するにはハードウェアメモリの制限からプログラムを簡略化する必要があるためこれは今後の課題としたい。いずれにせよ、これらデバイスを改良して「イジロー」の制作を行い、よりユーザとの自然なコミュニケーションの実現を今後行っていく。

謝辞

本研究の音声モジュールの制作について金沢大学工学部情報システム工学科秋田純一准教授にご協力いただきました。ここにお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 仲川こころ, ほか., Keepon:子どもからの自発的な関わりを引き出すぬいぐるみロボット, 人工知能学会研究会資料, 言語・音声理解と対話処理, Vol.41, pp.7-14, 2004.
- [2] Stern D.N, The Interpersonal World of the Infant, 1985.
- [3] 鯨岡峻, 原初的コミュニケーションの諸相, ミネルヴァ書房, 1998.
- [4] 小野千代子, ほか., 赤ちゃん型ロボットの開発におけるデザイン考察, 研究発表大会概要集:デザイン学研究, Vol.56, pp.354-355, 2009.
- [5] 松本遥子, ほか., かおさがし:顔に見えるものとのインタラクションを実現するシステム, インタラクション 2009 論文集, 2009.
- [6] 小林茂, 遠藤考則, 増田一太郎, Funnel, <http://funnel.cc/>.
- [7] 洪井進, ほか., 表情の印象を反映する顔グラフの表示法の検討 シラバスの多変量情報を例に, 日本顔学会誌, Vol.8, No.1, pp.109-120, 2008.
- [8] H. Yamada, Visual information for categorizing facial expressions of emotions, Applied Cognitive Psychology, Vol.7, No.3, pp.257-270, 1993.
- [9] 高嶋和毅, ほか., 人の印象形成におけるキャラクタ瞬目率の影響, インタラクション 2008 論文集, pp.117-125, 2008.
- [10] 甲谷勇二郎, 迎山和司, 「イジロー」=人のちよっかいに反応するキャラクタの制作=, 第 9 回 NICOGRAPH 春季大会, 2010.

甲谷勇二郎



学士(システム情報科学)。2010年公立はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科卒業。情報デザインコース所属。同年株式会社データベース入社。人とコンピュータとのインタラクション、また人が持つコミュニケーション能力に興味を持つ。

迎山和司



博士(美術) 1991年京都市立芸術大学美術学部美術科構想設計専攻卒業。1993年京都市立芸術大学大学院美術研究科絵画専攻造形構想修了。1998年米国カリフォルニア大学サンディエゴ校芸術電算研究所客員芸術家。2000年プリ・アルス・エレクトロニカ2000ネット部門入賞。2004年京都市立芸術大学大学院美術研究科博士(後期)課程メディア・アート領域修了。2006年より公立はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科准教授。情報処理学会、芸術科学会、会員。