

平成 21 年度 公立はこだて未来大学卒業論文

イジロー  
—人のちょっとした反応するキャラクターの制作—

甲谷 勇二郎

情報 アーキテクチャ学科 b1006166

指導教員 迎山 和司

提出日 2010 年 1 月 29 日

**Ijiro**  
—A character that reacts to a user's action—

by

Yujiro Kabutoya

BA Thesis at Future University-Hakodate, 2010

Advisor: Kazushi MUKAIYAMA

Information Architecture  
Future University - Hakodate  
January 29, 2010

**Abstract** – “Ijiro” is a columnar character that output facial expression and voice reacting to user’s physical action. By reacting to user’s action, “Ijiro” communicate with user. User can hold “Ijiro” in hands and touch with putting it. “Ijiro” allow its emotions to show by change in facial expression and outputting voice. “Ijiro”’s emotion are affected by distinction of user’s motion: largeness, form. This work aims to cause user a feeling like communicating with living creatures; character become recognized that it have emotions; besides, actualize formation of affinitive relation between user and “Ijiro”.

In producing “Ijiro”, devices for input-output are entered into columnar acrylic case and clinch. “Ijiro” depaint facial expression by brightening LED in translucent acrylic case. In contrast, “Ijiro” vocalize using speaker that connected to personal computer.

The laboratory exhibition was held in the Future University-Hakodate the third floor until January, 20th through January 22th, 2010, this work also exhibited. As a result of exhibition, problematic points was turned up through the position of realization of intuitive manipulation method.

It is necessary to weigh issues that was turned up, and improve them, in the near future. In particular, I will design of hardware that is able to improve processing speed and expressiveness.

**Keywords:** character, communication, robot, intuitively

**概要:** 「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してユーザとコミュニケーションする円柱型のキャラクターである。ユーザは「イジロー」を持って触ったり、置いた状態で触ることができる。「イジロー」はユーザの動作の種類や動作の大きさ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。本研究作品は、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、キャラクター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。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。

本研究作品は 2010 年 1 月 20 日から 22 日の 3 日間、公立はこだて未来大学 3 階ミュージアムにて開催された研究室展覧会にて展示を行った。展示の結果、操作の直感的な理解という点においては問題点を確認できた。

今後は展示の際に浮上した問題点の解決が必要である。具体的には、より処理速度や表現力の向上が可能なハードウェアの設計を視野に入れている。

**キーワード:** キャラクタ, コミュニケーション, ロボット, 直感的

# 目次

|            |                          |           |
|------------|--------------------------|-----------|
| <b>第1章</b> | <b>序論</b>                | <b>1</b>  |
| 1.1        | 背景                       | 1         |
| 1.1.1      | 人とコミュニケーションするコンピュータシステム  | 1         |
| 1.1.2      | 直感的なインタラクション             | 1         |
| 1.2        | 目的                       | 2         |
| 1.3        | 用語解説                     | 2         |
| 1.3.1      | ユーザ                      | 2         |
| 1.3.2      | インタラクション                 | 3         |
| 1.3.3      | デバイス                     | 3         |
| <b>第2章</b> | <b>人のコミュニケーション発達</b>     | <b>4</b>  |
| 2.1        | コミュニケーションの定義             | 4         |
| 2.2        | ロボットへの利用                 | 4         |
| 2.3        | 乳幼児のコミュニケーション            | 5         |
| <b>第3章</b> | <b>関連研究</b>              | <b>7</b>  |
| 3.1        | Yotaro                   | 7         |
| 3.2        | かおさがし                    | 7         |
| <b>第4章</b> | <b>イジロー</b>              | <b>9</b>  |
| 4.1        | 概要                       | 9         |
| 4.2        | コンセプト                    | 9         |
| 4.3        | 仕様                       | 10        |
| 4.4        | ハードウェア                   | 10        |
| 4.4.1      | キャラクタの形状                 | 11        |
| 4.4.2      | 入力・出力デバイス                | 13        |
| 4.5        | ソフトウェア                   | 14        |
| 4.5.1      | 開発環境                     | 14        |
| 4.5.2      | 入力                       | 14        |
| 4.5.3      | 出力                       | 16        |
| <b>第5章</b> | <b>表情・音声と心理状態の関係</b>     | <b>20</b> |
| 5.1        | 心理状態に対応する表情のマッピング, 音声の出力 | 20        |
| 5.1.1      | 表情のマッピング                 | 20        |
| 5.1.2      | 音声のマッピング                 | 21        |

|              |                         |           |
|--------------|-------------------------|-----------|
| 5.2          | 入力によるパラメータの変遷 . . . . . | 21        |
| 5.3          | 瞬目率 . . . . .           | 22        |
| <b>第 6 章</b> | <b>展示と観察</b>            | <b>24</b> |
| 6.1          | 目的と方法 . . . . .         | 24        |
| 6.2          | プロトタイプ展示 . . . . .      | 24        |
| 6.2.1        | 観察結果 . . . . .          | 25        |
| 6.3          | 研究室展覧会での作品展示 . . . . .  | 25        |
| 6.3.1        | 観察結果 . . . . .          | 26        |
| <b>第 7 章</b> | <b>考察</b>               | <b>27</b> |
| 7.1          | 操作方法 . . . . .          | 27        |
| 7.2          | 出力に関する課題点 . . . . .     | 27        |
| 7.2.1        | 表情の出力 . . . . .         | 27        |
| 7.2.2        | 音声の出力 . . . . .         | 28        |
| 7.3          | キャラクタの印象 . . . . .      | 29        |
| <b>第 8 章</b> | <b>まとめと今後の展開</b>        | <b>30</b> |
| 8.1          | まとめ . . . . .           | 30        |
| 8.2          | 今後の展開 . . . . .         | 30        |

# 第1章 序論

本章では、本研究の背景と研究目的について述べる。

## 1.1 背景

### 1.1.1 人とコミュニケーションするコンピュータシステム

現在では、産業のみならず、私たちの生活環境のあらゆる場面でロボットが使用されてきている。その中でも、介護用ロボットなどの、直接人と接し人の生活環境を支援するロボットには、入力に対するレスポンスの速さや的確さの他に、人との円滑なコミュニケーションの実現が不可欠であり、人とロボットが自然な関係を形成していける事が求められている。人との自然な関係形成を可能にするには、人に過度のストレスを与えず、人とロボットが意図や情報を的確に共有できていることに加え、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。

### 1.1.2 直感的なインタラクション

近年ではコンピュータ技術の躍進的な発達により、コンピュータの機能が増えてきている一方、操作方法が複雑化したことで、ユーザにとって使用しにくいものになってしまっている。コンピュータにて可能なことが増えたことにより、マウスやキーボードなどの入力デバイスでは操作方法がわかりにくく、使いこなすために大量な時間や労力を必要とする場合も多い。操作方法の複雑化を解決する方法の一つとして、ユーザの身体動作をコンピュータに反映させることができるデバイスがセンサ技術の発達により近年盛んに研究・開発されている。ユーザの身体的な入力を直接反映させることで、ユーザが普段から行っている動作をそのままコンピュータの操作に変換することができ、直感的な操作が実現可能である。

例えば、Apple 社が発売した iPhone3GS[1] は、画面の 2 箇所に同時に触れて操作を行うことができるマルチタッチスクリーンを搭載しており、2 本の指による操作が可能である。これによって、画面上の 2 つのボタンを組み合わせた入力や、画像やウェブページなどの拡大や縮小を「つまむ」動作で行うことが可能である。マルチタッチスクリーンに加え、iPhone3GS には加速度センサ、デジタルコンパスが使用されている。加速度センサのはたらきにより、iPhone3GS の縦横の向きを変えることで、画面の表示方向を切り替えるインタラクションや、手の動きだけによる自由な操作が可能なゲームなどを実現している。また、デジタルコンパスは例えばマップを使用する際、ユーザが向いている方向に合わせてマップを回転させることができ、常にユーザにとって地図を見やすく表示することなど

に使われている（図 1.1）。これらのセンサを使用した新技術により，ユーザの動作を入力に取り入れ，ユーザに負担をかけず，より簡単にコンピュータシステムを扱うことができるアプリケーション，コンテンツを提供することが可能である．



図 1.1: iPhone 3GS でのマップの使用例 [1]

人とロボットのコミュニケーションにおいても，自然なインタラクションを阻害せず，ユーザを戸惑わせることのないような入力方法やユーザインタフェースが前提条件として求められる．

## 1.2 目的

本研究では，ユーザがキャラクタ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キャラクタ「イジロー」という作品の制作を行う．作品の制作を通して，ユーザとキャラクタ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，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．そしてユーザが愛着を持つような関係形成を可能とするキャラクタを実現することが本研究の目的である．

## 1.3 用語解説

### 1.3.1 ユーザ

ユーザとは，機械，主にコンピュータを操作する人のことを指す．特に，本論文におけるユーザとは，本研究作品の体験者，および後述の第 6 章にて述べる展覧会での体験者のことも指す．

### 1.3.2 インタラクション

インタラクションとは複数の存在が互いに引き起こしあう相互作用を指す。特に、本論文におけるインタラクションとは、コンピュータとそのユーザ間での入力・出力のやりとりによる相互作用のことを指す。

### 1.3.3 デバイス

デバイスとは、特定の機能を持った機器、装置、道具のことを指す。特に、本論文においてはユーザの操作をコンピュータに伝える入力装置、コンピュータの反応、出力結果をユーザに伝える出力装置のことを指す。

## 第2章 人のコミュニケーション発達

本研究作品「イジロー」はコミュニケーションロボットと言える。そのため、人のコミュニケーションに関する研究、およびコミュニケーションロボットの分野での先行研究を知ることが適切である。本章では、2.1 節にてコミュニケーションの定義についての説明、そして2.2 節、2.3 節にてロボットと人のコミュニケーションに求められている要素について説明する。

### 2.1 コミュニケーションの定義

コミュニケーションは、観念・情動・思考などの情報を人に伝えるといった「伝達」の側面と、受け手側の「理解」の側面を持っており、伝え手と受け手の間での観念や思考の「共有」がされていることがコミュニケーションの一つの重要な要素である。また、伝え手と受け手が常に一定ではなく、役割を交代できることが想定されており、このこともコミュニケーションにおける本質的な側面である [2]。情報の伝え手と受け手が互いにその役割を交代し、「伝達」と「理解」を繰り返して共有していくことがコミュニケーションにおける本質だと考えられる。

### 2.2 ロボットへの利用

1.1 節で述べたように、人の社会生活に直接関わるロボットには、人と円滑にコミュニケーションをして、自然な関係形成ができることが求められており、それを可能にするためには人がロボットを「心を持った他者」として認めることが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、ユーザの入力に対する単なる応答だけでなく、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ではないだろうか。

人との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プロセス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、人間の赤ちゃんのコミュニケーション能力の発達は有力な情報源である。例えば、小島秀樹らによって開発されたロボットである Keepon (図 2.1) 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ている [4]。

生後 2 ~ 3 ヶ月の乳児には、母親 (相手) の顔に注意を向けアイコンタクトをとり、共同注意 (図 2.2) 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。また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



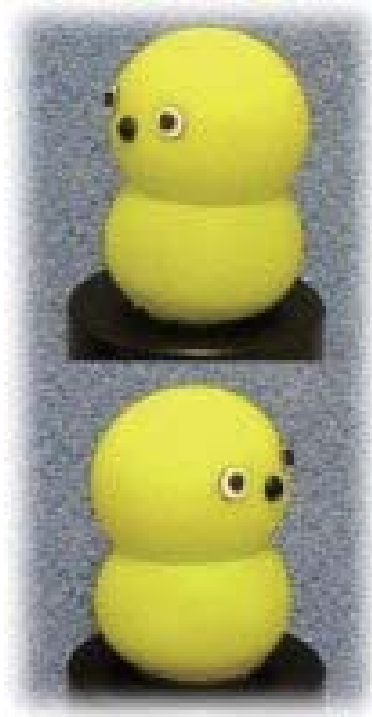


図 2.1: Keepon[3]

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，人の顔に注意を向けるアイコンタクトや，人が注意を向けている対象に対して注意を向けることが可能である．また，首をかしげたり上下に伸縮させ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，そして情動の表出を行うことで，Keepon は乳児におけるコミュニケーションを再現している．

### 2.3 乳幼児のコミュニケーション

赤ちゃんのコミュニケーション発達のプロセスを理解することはまた，ユーザがキャラクタに対し愛着を持つような関係形成を可能とするキャラクタの実現という本研究の目的においても重要である．赤ちゃんに出会った際，その容姿や振る舞いに可愛らしさ，愛くるしさを感じ，愛しく思うことは人間に本来備わっている感情である．赤ちゃんが人とどういったコミュニケーションをとっているのかを追求し，そ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キャラクタ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，赤ちゃんに対して実際に触れて行う動作に対して赤ちゃんの情動が変化することがある．例えば赤ちゃんを抱いている時，ゆっくり大きく揺らすと赤ちゃんは寝つき，激しくリズムカルに揺らすと赤ちゃんは面白がって笑顔になることが多い．これは，赤ちゃんが物事を知覚する際の，その活動水準（エネルギー水準）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．激しい動きをするものには驚きや興奮を覚え，穏や



図 2.2: Keepon の共同注意 [3]

かでゆっくりした動きに対しては落ち着きを感じるなどのこの感覚は、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、生气情動などと訳される [5]。赤ちゃんは、その力動感を身体を介して感じ取ったり、またはおのずと自分の動作から伝わったりすることで空間・時間を共有する他者との広義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 [2]。

ロボットと人とのコミュニケーションにおいても、このようにユーザの身体的な動作から情動を受け取り、ロボットも情動を表出し、情動の共有をするといった「力動感」におけるコミュニケーションを再現・実現することで、社会的に関わっていくことができる他者として認められ、人との自然なコミュニケーションを誘発することができるのではないだろうか。

## 第3章 関連研究

本章では，第2章で触れた Keepon の他に，本研究に関連する先行研究を紹介する．

### 3.1 Yotaro



図 3.1: Yotaro[6]

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赤ちゃんの感情表現や動作，生理現象を再現したインタラクティブ作品である [7] (図 3.1)．実際の赤ちゃんの肌や体温を再現しており，顔や体に触れることで，声や表情の変化の他に，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，擬似的に赤ちゃんとのコミュニケーションを体験することができる．

### 3.2 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 [8] (図 3.2)．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，ユーザは顔に見える物とのコミュニケーションを体験



図 3.2: かおさがし [9]

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と音声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。

## 第4章 イジロー

本研究では説明なしに操作を理解でき、かつインタラクションを起こすことでユーザとのコミュニケーションが出来るキャラクタ「イジロー」の制作を行った。本章では、「イジロー」の作品概要とコンセプトについて説明し、4.3節にて仕様の説明をする。4.4節、4.5節ではイジローのハードウェア、ソフトウェア面での実装方法について述べる。

### 4.1 概要

「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キャラクタである(図4.1)。ユーザがキャラクタ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、キャラクタが心を持ったものとして認識されることを目指す。そしてユーザがキャラクタ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 4.1: イジロー

### 4.2 コンセプト

本研究作品「イジロー」のコンセプトは「ユーザのちょっとした反応に反応するキャラクタ」である。本研究作品において、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2.3節で述べた、母親と赤ちゃんの「力動感」における身体的なやり取りを再現することでユーザとのコミュニケーションを実現する。赤ちゃんが母親に抱かれ、母親の動作の大きさやリズムに反応して笑ったり、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や頻度、動作の種類、方向などから表情や音声によって情動を表出する。

このユーザとキャラクタのコミュニケーションの構図において、ユーザのキャラクタ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キャラクタを動かす「いじる」という表現に近い。このことから、ついついちょっかいをかけてしまいたくなるキャラクターにしたいという思いからこのコンセプトが考えられ、名前を「イジロー」とした。

### 4.3 仕様

ユーザは「イジロー」を直接持って触ったり、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キャラクタ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いる。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ない。しかし、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。

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、音声を出力する。各パラメータの値は動作の大きさや「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徐々に無表情に変化していく。また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いき、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、音声を複合的に出力することで「イジロー」は情動を表出する。

### 4.4 ハードウェア

本作品のハードウェアの仕様について説明する。

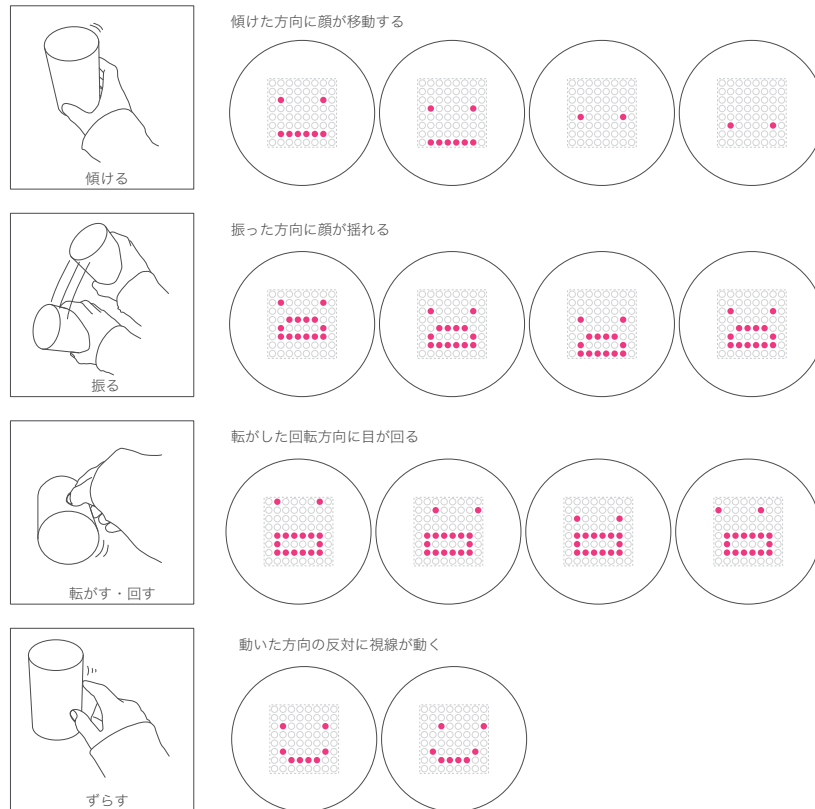


図 4.2: 操作による顔の位置，視線の変化

#### 4.4.1 キャラクタの形状

キャラクタの形状を決定するにあたって，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，立方体，直方体，円柱，三角柱，円錐，三角錐，四角錐）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，円柱型を採用している．インタラクションの多様性という点における考察は，キャラクタに対する動作を「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するという形で行った．考察をするにあたって，本学学生数名にプリミティブな形状の木材，発泡スチロール材を触ってもらい，その様子を観察した．「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不可能である．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，他の形状ではできない<sup>1</sup>．この点で円柱，円錐が動作の多様性に富んでいるといえる（表 4.1）．

<sup>1</sup>サイコロのような立方体や多面体においても「転がす」という動作は認められるが，観察の際人が持って投げることが出来る程度の大きさで，かつ重量が軽いもののみに関してその動作が認められた．中にデバイ

表 4.1: 外形

| 入力          | 転がす | 倒す | その他の動作 |
|-------------|-----|----|--------|
| 球           |     | ×  |        |
| 直方体・多角柱・多角錐 | ×   |    |        |
| 円柱・円錐       |     |    |        |

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、キャラクターを「立っている状態」と「寝ている状態」、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（図 4.3）。また円錐の場合、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、キャラクター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には外側からデバイスを見ることができないよう蓋のついた厚さ 5 mm の円柱型ホワイトアクリルを使用した（図 4.4）。円柱の大きさは、片手で持つことができる程度の大きさであり中に入力・出力デバイスを入れることができるサイズである底面の円の直径が 80mm、高さが 140mm のものにした。

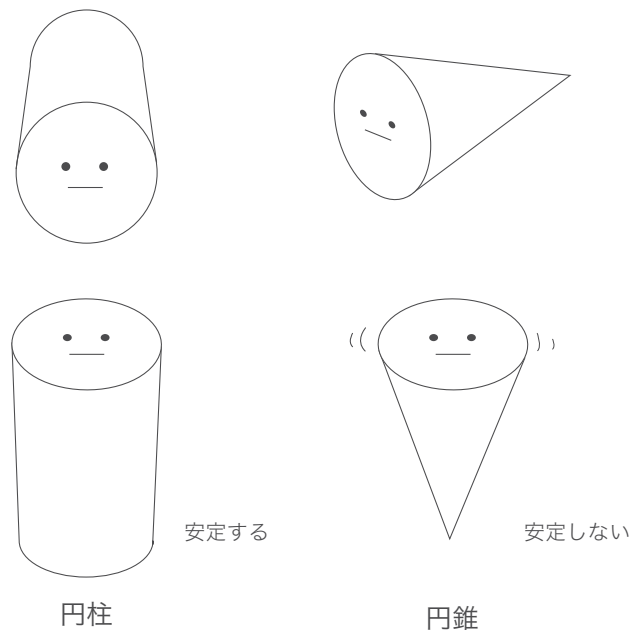


図 4.3: 円柱，円錐型のキャラクターの姿勢の違い

スを入れる事を想定し，転がす動作は球体，円柱，円錐のみにおいて可能であるとした。



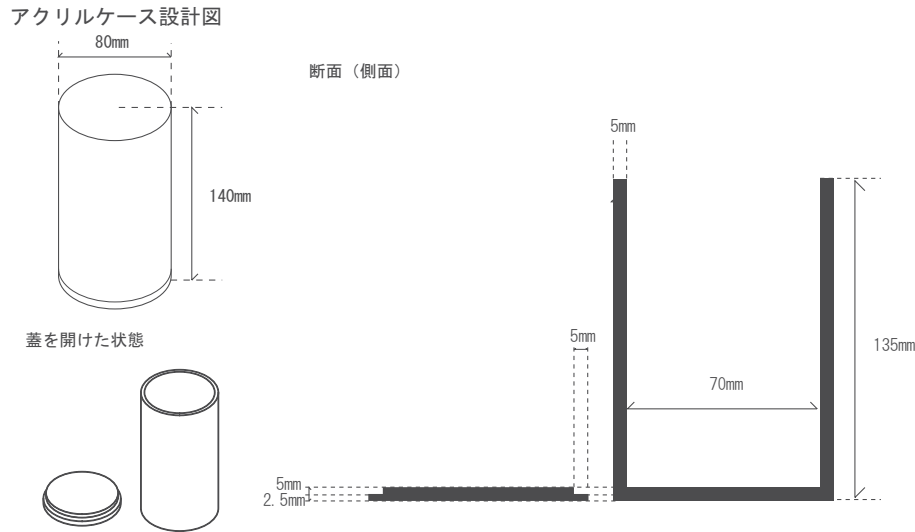


図 4.4: アクリルケースの設計

#### 4.4.2 入力・出力デバイス

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 Funnel I/O モジュール (図 4.5) (以下 FIO) 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電池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 を接続することでパーソナルコンピュータ (以下 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。これらのセンサを使用することで、ユーザのキャラクタに対する入力の大きさ、方向性、種類を判定する。キャラクタの顔部の出力に関しては  $8 \times 8$  の赤色 LED ドットマトリクス TOM-1588BH, 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。また、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。しかし 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 4.6)。

これらの入力・出力デバイスは全て乳半色の円柱型アクリルケースの中に入れる (図 4.7) そして赤色 LED ドットマトリクスを乳半色の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 4.8)

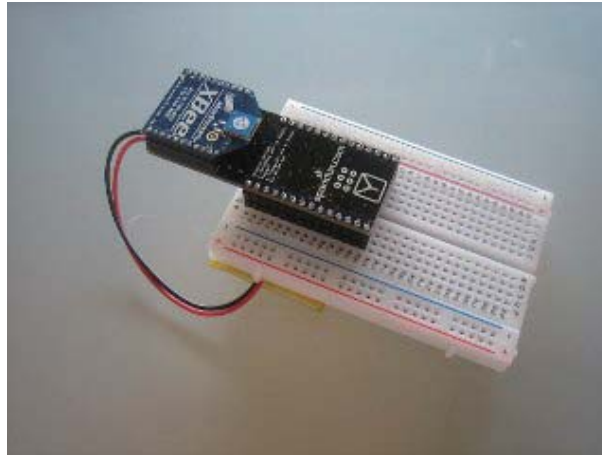


図 4.5: Funnel I/O モジュールと Xbee , リチウムイオン電池

## 4.5 ソフトウェア

本作品のソフトウェアの仕様について説明する .

### 4.5.1 開発環境

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 [10] を用いた . Adobe FlashCS3 とは Adobe 社が開発した , アニメーションやインタラクティブコンテンツの制作を行えるソフトウェアである . ActionScript3.0 という開発言語を用いてプログラムを開発することができ , 音楽やウェブサイト , ゲームなどの制作に向いている ( 図 4.9 ) . 本研究では , FIO との通信を行い , 各センサの値をデバイスから受け取り , 入力判定を行い , 表情を赤色 LED の明滅パターンとしてデバイスに送信するプログラムの開発に使用した . また , プログラムの開発過程において作業効率の向上を考え , プログラム起動中の PC のディスプレイ上には現在デバイスに表示されるべき表情と , 各種センサから取得された値 , ユーザが行った動作の種類 , や動作の大きさ , 心理的パラメータなどを表示できるようにした ( 図 4.10 ) .

### 4.5.2 入力

キャラクタに対する入力は加速度センサ , コンパスの値を取得することで判定することができる . 受け取った加速度センサとコンパスの値から , 現在どのような動作が行われているかの判定 , 現在キャラクタがどのような体勢 , 姿勢になっているかの判定を行う .

入力処理は , まずユーザがキャラクタ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の値は X 軸 , Y 軸 , Z 軸ともに  $-1.0 \sim 1.0$  の間であり , コンパスの値は  $0 \sim 360$  である . 今回制作した「イジロー」のプログラムでは , フレームレートを 20 に設定し , 過去 30 フレーム分の加速度センサとコンパスの値を配列に保持している . そしてその 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

「イジロー」回路図

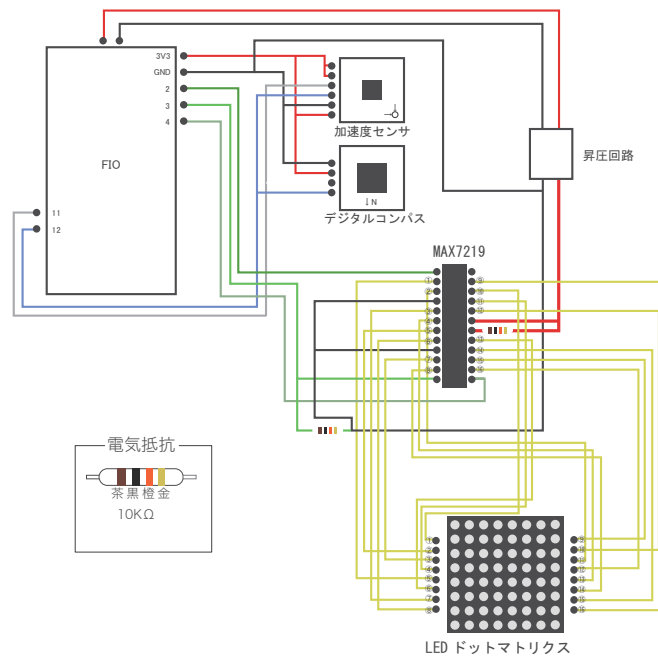


図 4.6: 「イジロー」の回路図

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おいてある状態から指でつつく程度，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「イジロー」に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を行う．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1フレーム辺りの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った場合，「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フレーム分の加速度の値から判定する（図4.11）．まず，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．そうすることで，「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する，「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，動作の判定と同じく加速度センサの値から判定している．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することで，現

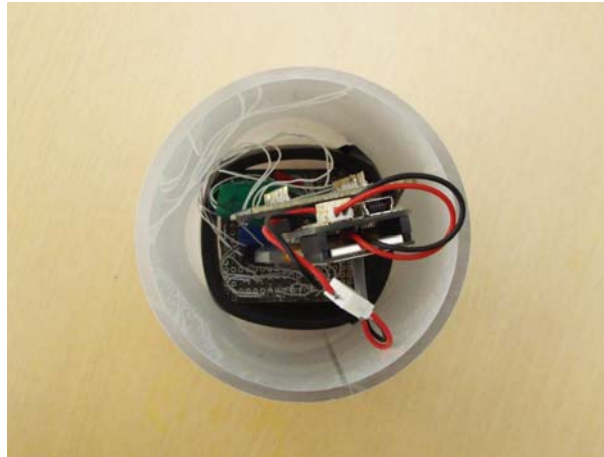


図 4.7: アクリルケースと FIO

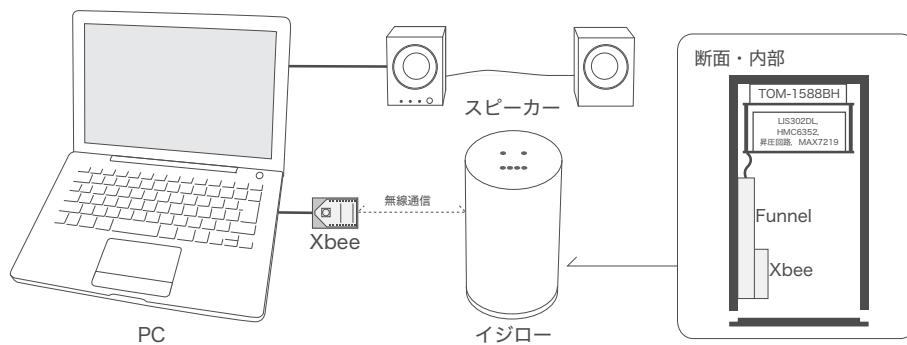


図 4.8: 「イジロー」作品構成

在の姿勢を判定することが出来る．姿勢は「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を計算する．

#### 4.5.3 出力

キャラクタには  $8 \times 8$  の 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っている（図 4.12）．

表情の変遷はキャラクタに「覚醒 沈静」と「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用意し，パラメータを軸とした 2 次元座標に各表情をマッピングし，2 つのパラメータにより変化する．またこのパラメータは「イジロー」の瞬目率にも

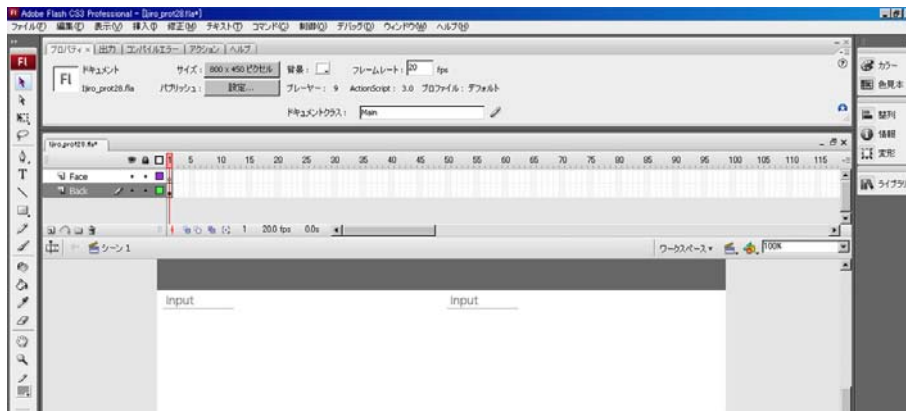


図 4.9: Adobe Flash CS3 professional 使用例

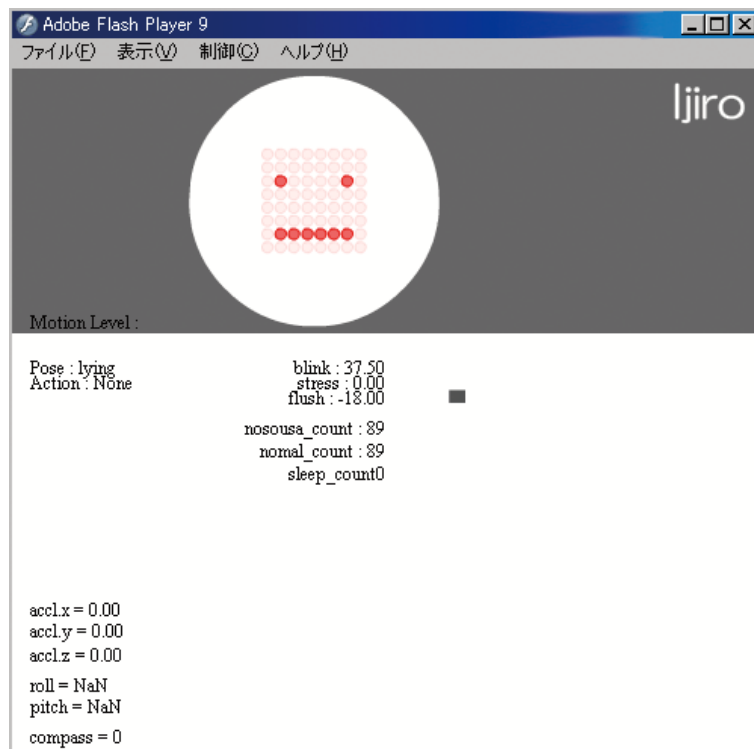


図 4.10: 「イジロー」起動時の PC 上の画面表示

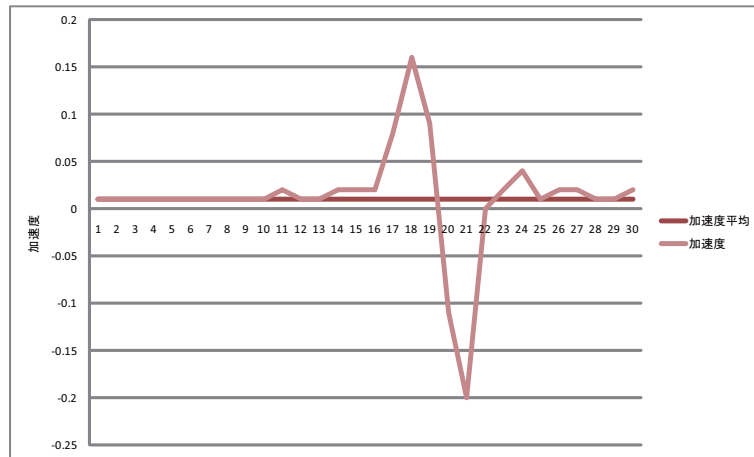


図 4.11: 「ずらす」動作を行ったときの加速度の変遷の例

```
[
"00000000",
"00000000",
"01100110",
"00000000",
"00000000",
"00000000",
"00000000",
"01111110",
"00000000"
],
```

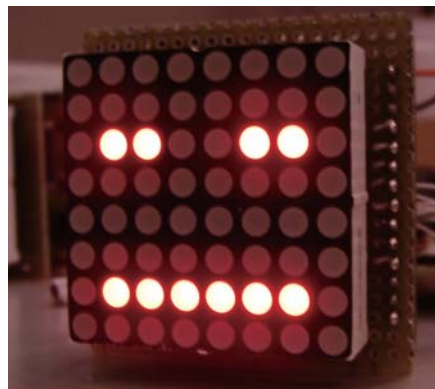


図 4.12: 配列の値と「イジロー」の表情の関係

反映させる．表情の変化については，第 5 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，「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（図 4.2）．顔の位置のずれや視線の変化の表現は，表情配列の数値を変遷させたり，配列の要素を操作した上で表示する．

音声は Audacity[11] を用い実際の人笑い声，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．音声は一つの表情に対して 3 ～ 5 個のファイルを用意している．音声の出力についても第 5 章で詳細に述べる．

## 第5章 表情・音声と心理状態の関係

本章では、5.1 節で「イジロー」の心理状態と対応した表情の変遷および音声出力に関して述べ、5.2 節では「イジロー」が表情を出力するための、入力による心理状態の変遷方法について述べる。その後 5.3 節で「イジロー」の瞬目率の変化について触れる。

### 5.1 心理状態に対応する表情のマッピング、音声の出力

#### 5.1.1 表情のマッピング

人と人との、またキャラクタ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、キャラクタが心理状態を表現するインタ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。キャラクタが心理状態を表現するためには、キャラクタ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 [12]。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 [13]。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」に対応する。

これらの研究を参考にし、本研究作品では、キャラクタに「快 不快」「覚醒 沈静」という 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 8 × 8 の赤色 LED ドットマトリクスにて表現可能な 32 種類の表情をマッピングし、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、キャラクタの姿勢、ユーザの動作の大きさなど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。

「イジロー」の心理状態を表す「覚醒 沈静」「快 不快」の 2 つのパラメータは、-100 ~ 100 までの数値を持つ。この 2 つのパラメータを 2 次元座標軸とし、その座標に制作した表情を対応させマッピングする（図 5.2）。表情を制作する際、目の部分は赤色ドットマトリクスで描写する際、3 つ以上の点で描写すると表情が不自然になったり、顔であると認識しにくい印象を受けるといった指摘があったため、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表情を制作した（図 5.3）。



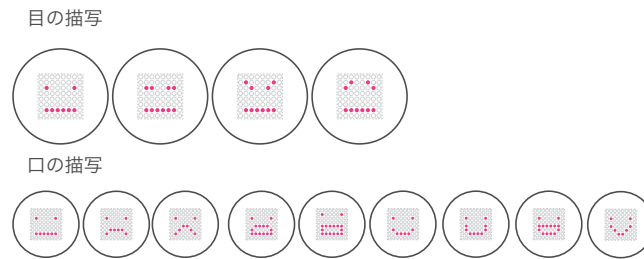


図 5.1: 目および口の描写

### 5.1.2 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ようなものを再生すべきである。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。この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を対応させる。

また、音声ファイルは1つの表情につき3～5個が対応しており、触れたと判定されたときに出力されている表情に対応した音声ファイルが再生される。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生され、小さいときは小さな声が再生される。

その他に、動作に対応した音声を出力する場合もある。特定の動作（転がす、回す）を行った場合は、目が回る表情の描写とともに、特定の音声ファイルが出力される。このときも音声ファイルは動作の大きさに影響を受け、転がす（回す）動作の回転速度が大きいと、再生される音声ファイルのボリュームも大きいものになる。

## 5.2 入力によるパラメータの変遷

「覚醒 沈静」と「快 不快」の2つのパラメータは、入力された加速度センサ、コンパスの値からとられる動作の大きさに影響を受ける。入力の強さ、回転の有無、傾きを判定し、その値が両パラメータを遷移させ、出力する表情を変化させる。両パラメータには2つの基準値を設け、過去30フレーム分の加速度センサの最大値と最小値の差や回転速度の値が高い方の基準値を超えた場合上昇し、低いほうの基準値を下回ったときに下降する。両パラメータに設定する基準値は異なり、「覚醒 沈静」パラメータは「快 不快」パラメータに比べて小さな動作に対しても上昇するように設定している。

両パラメータはまた、無操作時間や操作の頻度、姿勢によっても変化する。何も操作をしていない場合、「覚醒 沈静」パラメータは下降していき、「快 不快」パラメータは0に近づいていく。また、無操作時間が長く続いた状態でいきなり操作した場合は、無操作時間が短い状態で触った場合に比べ、「覚醒 沈静」と「快 不快」の両パラメータの変化が

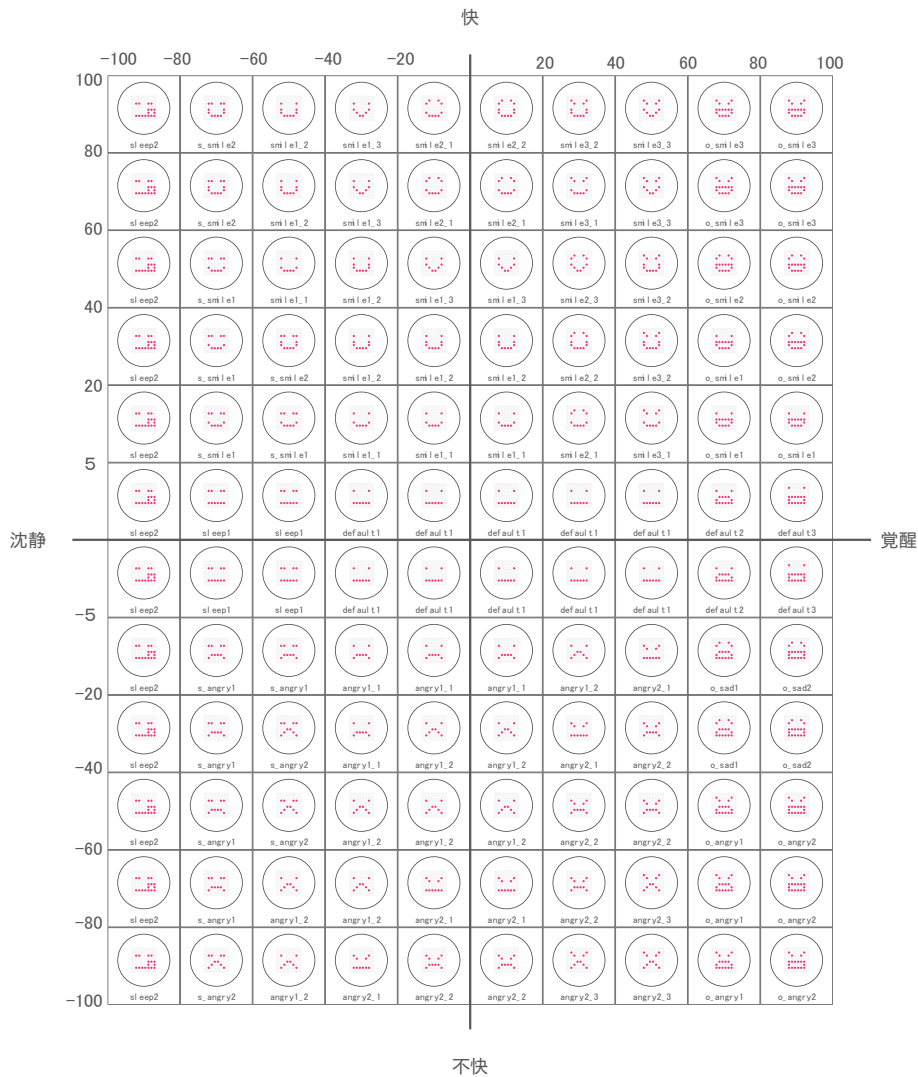


図 5.2: 「覚醒 沈静」, 「快 不快」パラメータによる表情の2次元マッピング

大きくなる．これに加え「覚醒 沈静」パラメータは「イジロー」が横たわっている状態意外では長時間無操作の状態でも-40を下回らないようにした．このようなパラメータの遷移を行うことで「いきなり触られると驚く」といった反応や、横たわらせてしばらくすると眠たそうな表情に変わり、寝てしまうといった生理的な反応を表現している．

5.3 瞬目率

キャラクタ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 [14] の研究によると、人やキャラクタ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

## 「イジロー」の表情と音声の対応

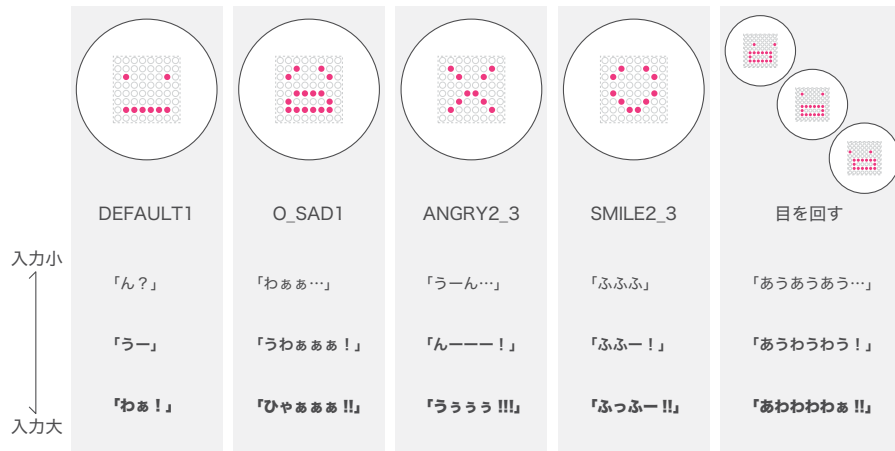


図 5.3: 表情と音声の対応

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。

## 第6章 展示と観察

本章では本研究にて制作したキャラクタ「イジロー」に対して行った動作実験と観察について述べる。

### 6.1 目的と方法

「イジロー」の展示の目的は、ユーザが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の抽出と、キャラクタの表情や音声の出力によるインタラクションが行われたときのユーザの印象の変化を観察した上での問題点、課題点の抽出が目的である。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。

### 6.2 プロトタイプ展示



図 6.1: オープンキャンパスでのプロトタイプ展示の様子

2009年8月3日、公立はこだて未来大学でのオープンキャンパスにて本作品のプロトタイプ展示を行った。主なユーザはオープンキャンパスに訪れた高校生、父兄、本学学生、教員であった。当時のプロトタイプはデバイス自体に顔が出力されるものの制作が不可能であったのと、デバイスのケースの制作が完了していなかったため、簡易的に制作したケースに加速度センサ、デジタルコンパスのみを接続したFIOを入れてこれを入力デバイスとし、キャラクタの表情をディスプレイに描写するという形をとった。また、音声

出力は行わなかった．起動時間は約 6 時間程度を要求され，約 60 人のユーザがプロトタイプを体験した．

### 6.2.1 観察結果

ユーザの入力からキャラクタの表情の変化が出力された際に，驚きの声や，笑い声「かわいらしい」などの会話が確認できた．このことから，入力に対する表情の変化がユーザの印象を変化させることができることはわかった．しかし，ユーザの中には説明をするまで操作方法がわからず，小さな入力（ゆっくり傾けるなど）しか行わないユーザも多かった．また，ユーザのほとんどが，操作する際に入力デバイスを見ずに，顔が出力されるディスプレイの方を見ていた．

## 6.3 研究室展覧会での作品展示

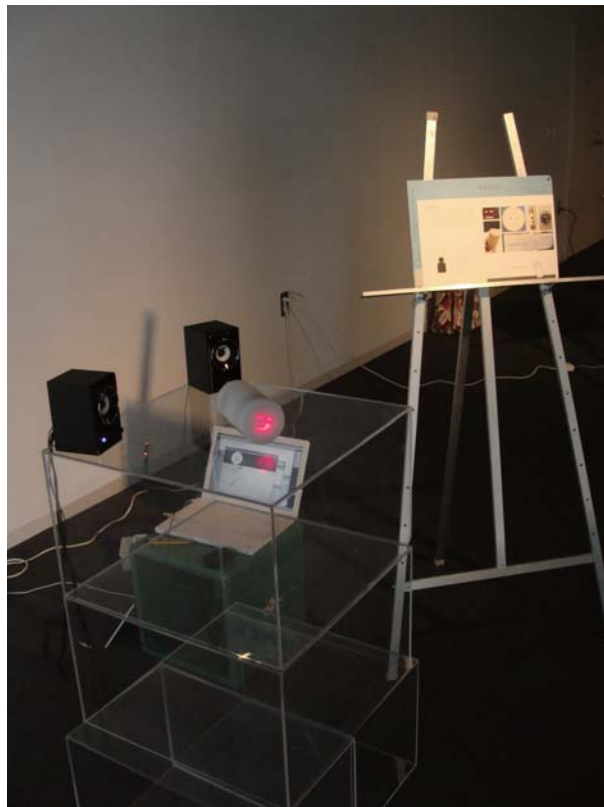


図 6.2: 研究室展覧会での作品展示の様子

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．主なユーザは本学学生，教員であった．この展示では本作品を 4.4 節の図 4.8 のとおりに設置した（図 6.2）．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。

### 6.3.1 観察結果

この展示で、入力の大きさや種類・方向性から「イジロー」の表情や音声が変化することに驚いたり、笑う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？
- 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った。

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」を揺らす動作が確認できた。また、「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つ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。音声部分のプログラムを改良した点に関しては、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。

## 第7章 考察

本章では展示からの知見を元に行った考察について述べる。

### 7.1 操作方法

プロトタイプ展示の際、操作方法を直感的に理解できないユーザが多くみられた。操作方法がわからなかったユーザの多くは、デバイスに触れる以前にどういったものなのかの見当がつかず、ゆっくりと傾けたりしていた。これはプロトタイプの仕様が、「振る」「回す」「転がす」などの比較的大きな動作しか対応していなかったこと、また入力デバイスと表情の出力デバイスが独立していたことが大きな原因だと考えられる。入力と出力のデバイスが独立していたことによって、ユーザの多くが、「入力デバイス自体がキャラクタである」と解釈できなかつた可能性は高い。ユーザの中には画面の中のキャラクタを円柱状のコントローラーで操作するゲームのように捉えた人も多かつたのではないだろうか。

研究室展覧会での展示の際は、デバイスに顔を表示しているため、「イジロー」以外を見ながら触るといったユーザは見られなかつた。また、「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、形状が円柱だつたこと、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つたことで、「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つたと考えられる。そしておきあがりこぼしのようにデバイスがゆれている際に出力されている顔を見て喜んでいるユーザも多かつた。プロトタイプ展示の時より「振る」動作を行うユーザが少なかつたことに関しては、ユーザが「イジロー」の顔を注視することが多かつたことが大きな原因の一つだと考える。

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、顔部を指で触るという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。

### 7.2 出力に関する課題点

#### 7.2.1 表情の出力

表情の出力に関する大きな課題点はユーザの入力に対するレスポンスの遅さと、 $8 \times 8$  赤色 LED ドットマトリクスの表現力の限界が挙げられる。現状では、LED を光らせることにより、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．このことから「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．遅延が起きてしまうことによって一番影響を受けるのは1フレーム単位で変化する「イジロー」の瞬目の描写であり，設定している瞬目率と大きく差が出てしまっている．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， $8 \times 8$ の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知覚しにくく（図7.1），そしてキャラクタ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．

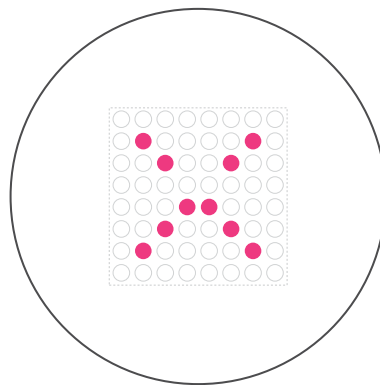


図 7.1: 顔と知覚されにくかった「イジロー」の表情

### 7.2.2 音声の出力

展示会での展示では，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がいたことから，音声出力の効果が大きいことがわかった．また初日，2日目より3日目の方が印象がいいというユーザの意見もあり，音声の種類は多い方が評価は高いと言える．しかし，音声がユーザに「キャラクタから発せられた音声である」と認識される可能性が低いことが現状の問題として考えられる．これは，スピーカーがキャラクタの外に設置されていることが原因である．キャラクタがスピーカーから離れた状態で入力がおこなれた場合，キャラクタとはかけ離れた場所から音声出力されてしまう．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，同じ音声が複数回繰り返して再生された際，ユーザから「不自然だ」という意見をいただいたことから，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しなければならない．



### 7.3 キャラクタの印象

第6章に述べたとおり，キャラクタに触れたことでユーザの印象が変化することが確認できた．しかし前述のとおり，操作方法を直感的に理解できず，イジローに対して小さな入力のみを行ったユーザが多く見られたことから，印象を変化させることができなかったユーザも多かった．現段階の「イジロー」は，小さな入力に対しては心理状態のパラメータも僅かな変化をするため，表情が変わらない場合が多いことが大きな原因であり，今後解決していくべき課題である．

## 第8章 まとめと今後の展開

本章では本研究のまとめと今後の展開について述べる。

### 8.1 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キャラクタ「イジロー」を制作した。作品の制作を通して、ユーザとキャラクタ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キャラクタを制作し、インタラクションの追求を行った。展示の結果、ユーザがキャラクタとのインタラクションによってキャラクタ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。これは現段階で解決できていない一番改良すべき点である。表現力の課題点に関しても入力に対するレスポンスの遅さは要因の一つではあるが、イジローの顔部の表現力を向上させる必要性も考慮するべきである。

### 8.2 今後の展開

今後の展開として作品の改良があげられる。

「イジロー」は複数台の同時制御も視野に入れている。今回「イジロー」を制作する前段階では、「イジロー」は単体で使用する場合と、複数個を同時に使用する場合の両方を想定していた。複数台を同時に使用する目的はキャラクタ同士でのインタラクションを可能にすることである。キャラクタが互いの情動に影響を及ぼし合い、キャラクタ同士で感情を共有することで、ユーザとキャラクタとの間だけではないコミュニケーションの実現が可能であるため、キャラクタ同士が情動を共有しており、コミュニケーションしているとユーザが体感できることを期待する。しかし今回使用したデバイスでは、一台の「イジロー」の起動の際にも無線通信の遅延が頻発しており、2台を同時に起動すると更に頻繁な遅延が起きてしまい、センサの値を取得できない場合もあったため、展示の際には一台のみを起動して使用することにした。

「イジロー」の複数台制御の実現や、単体での制御の際に挙げた問題点を解決するための主な改良として、ユーザとのインタラクションのバリエーションの拡大、入力に対するレスポンスの高速化が挙げられる。改良の主な具体案として、顔部の出力デバイスに、有機ELディスプレイモジュールである $\mu$  OLED-96-G1の使用を視野に入れている。このデバイスを使用することで、よりグラフィカルな表情の出力が可能になり、また、デバイスに「イジロー」の顔画像を保存したmicroSDを差込み、画像のアドレスのみをシリ

アル通信でPCから送信するため、現状の「イジロー」より通信するデータ量の軽量化が望めるため、レスポンスの高速化と表現力の向上が可能である。このデバイスを使用した「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を実現する。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、本研究を進め、研究論文として形にすることができたのは多くの方々から指導や示唆、支援を頂いたおかげです。本研究の機会、進めるための環境を与えてくださり、丁寧かつ熱心にご指導いただいた迎山和司准教授(公立ほ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)に深く感謝いたします。また、日常での議論から多くの助言や知識を頂いた迎山研究室の掛端俊希さん、坂本翔さん、田中真依さん(五十音順)に感謝いたします。そして4.4.1節で触れたキャラクタの外形を設計する際の考察において協力していただいた方々、また、研究室展覧会に訪れ本作品を体験し、有用な意見や感想を頂いた多くの方々に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Apple. iPhone3GS. <http://www.apple.com/jp/iphone/> [Online; accessed 25- 1月-2010]
- [2] 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.
- [3] Carebots Project. <http://www.myu.ac.jp/~xkozima/carebots/> [Online; accessed 26- 1月-2010]
- [4] 仲川こころ, 小杉大輔, 安田有里子, 小島秀樹. 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 pp7～14, 2004.
- [5] Stern,D.N.:”The Interpersonal World of the Infant.”,1985 (小此木啓吾, 丸田俊彦 監訳:”乳児の対人世界 理論編”, 岩崎学術出版社, 1989.)
- [6] 筑波大学内山俊朗研究室. <http://www.kansei.tsukuba.ac.jp/~uchiyamalab/yotaro> [Online; accessed 27- 1月-2010]
- [7] 小野千代子, 國村大喜, 平井まどか, 松崎ワグナ哲也, 村本政忠, 内山 俊朗, 白鳥 和人, 星野 准一. 赤ちゃん型ロボットの開発におけるデザイン考察, デザイン学研究. 研究発表大会概要集 pp.354～355, 2009. <http://www.kansei.tsukuba.ac.jp/~uchiyamalab/yotaro>[Online; accessed 14-12月-2009]
- [8] 松本遥子, 堤孝広, 寺澤玲緒, 宮田直貴, 藪慎一郎, 宮田一乗. かおさがし：顔に見えるものとのインタラクシオンを実現するシステム. インタラクシオン 2009 論文集 pp149～150,2009.
- [9] 学生CG コンテスト. <http://www.cgarts.or.jp/scg/2008/prize/kaosagashi/index.html> [Online; accessed 29- 1月-2010]
- [10] 小林茂, 遠藤孝則, 増田一太郎. Funnel . <http://funnel.cc/> [Online; accessed 21-12月-2009]
- [11] Audacity . <http://audacity.sourceforge.net/> [Online; accessed 21-12月-2009]
- [12] 洪井進, 野澤孝之, 芳鐘冬樹, 井田正明. 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, pppp.109-120, 2008.
- [13] Yamada,H. Visual information for categorizing facial expressions of emotions, Applied Cognitive Psychology, 7,pp.257-270, 1993.

- [14] 高嶋和毅, 大森慈子, 吉本良治, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎. 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* pp117 ~ 125, 2008.
- [15] フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』. 子法師. [Online; accessed 21-12月-2009]

## 目 次

|      |                                      |    |
|------|--------------------------------------|----|
| 1.1  | iPhone 3GS でのマップの使用例 [1]             | 2  |
| 2.1  | Keepon[3]                            | 5  |
| 2.2  | Keepon の共同注意 [3]                     | 6  |
| 3.1  | Yotaro[6]                            | 7  |
| 3.2  | かおさがし [9]                            | 8  |
| 4.1  | イジロー                                 | 9  |
| 4.2  | 操作による顔の位置, 視線の変化                     | 11 |
| 4.3  | 円柱, 円錐型のキャラクタの姿勢の違い                  | 12 |
| 4.4  | アクリルケースの設計                           | 13 |
| 4.5  | Funnel I/O モジュールと Xbee, リチウムイオン電池    | 14 |
| 4.6  | 「イジロー」の回路図                           | 15 |
| 4.7  | アクリルケースと FIO                         | 16 |
| 4.8  | 「イジロー」作品構成                           | 16 |
| 4.9  | Adobe Flash CS3 professional 使用例     | 17 |
| 4.10 | 「イジロー」起動時の PC 上の画面表示                 | 17 |
| 4.11 | 「ずらす」動作を行ったときの加速度の変遷の例               | 18 |
| 4.12 | 配列の値と「イジロー」の表情の関係                    | 18 |
| 5.1  | 目および口の描写                             | 21 |
| 5.2  | 「覚醒 沈静」, 「快 不快」パラメータによる表情の 2 次元マッピング | 22 |
| 5.3  | 表情と音声の対応                             | 23 |
| 6.1  | オープンキャンパスでのプロトタイプ展示の様子               | 24 |
| 6.2  | 研究室展覧会での作品展示の様子                      | 25 |
| 7.1  | 顔と知覚されにくかった「イジロー」の表情                 | 28 |