

## 複数のセンサを利用したパペット型インタラクティブ玩具の提案

島田 真衣<sup>†</sup> 尹 玄玄<sup>†</sup> 木下 夏織<sup>†</sup>  
阿嘉 倫大<sup>‡</sup> 馬場 哲晃<sup>†††</sup> 串山 久美子<sup>†††</sup>

操り人形の 1 つであるパペットは、手や指に被せて使う非常に簡単な構造であり、子どもの玩具として使いやすく、親しみやすい触感と動きによる表情を持っている。本稿では、パペットの感情を表す動きを、手の開閉、口の開閉、身体の傾きから検出し、その感情に応じて音声や光のエフェクトを出力する。この玩具によって、パペットによる新しい遊び方やコミュニケーション、表現方法を提案する。

### An Interactive Puppet Toy that Has Some Sensors

MAI SHIMADA<sup>†</sup> YIN XUANXUAN<sup>†</sup> KAORI KINOSHITA<sup>†</sup>  
AKA TOMOHIRO<sup>‡</sup> TETSUAKI BABA<sup>†</sup> KUMIKO KUSHIYAMA<sup>†</sup>

A Structure of a puppet is very simple. When we use the puppet, we wear it on our hand, finger, and so on. It is so easy for children to play with puppets. And we feel a sense of closeness to their feels and looks from motions. In this paper, opening and shutting of mouth and hands of a puppet, and the slant of its body are sensed by using computer and arduino. And some motions of a puppet that has means emotions are expressed by sound effects and light effects. We propose new way of playing with puppet, communication, various expression

#### 1. はじめに

パペットは、主に人の手や指に被せ、口や手を人が操作して楽しむ玩具である。このような手や指に被せて使うパペットは、操り人形の中でも、扱いやすく、身近で親しみやすい外観をしている。子供向けの人形劇やごっこ遊びに用いられることもあり、その際まるで生き物に接するように話しかけて遊ぶ子供もいる。大人が子どもと遊ぶ際に、コミュニケーションの手段のひとつとして、パペットを用いることもある。従来のパペットの動きは、人が手でできる操作の範囲に限られており、表情や顔色など、パペットの顔による表現はユーザの片手による操作のみでは困難である。一方で、パペットの動きはかなりデフォルメ化されており、「笑う」、「泣く」、「怒る」などの感情を表す動

作をパペットにさせる時、その操作はそれぞれの表情



図1 デバイスの使用イメージ

<sup>†</sup> 首都大学東京システムデザイン学部インダストリアルアートコース

Industrial Art Course, Faculty of System Design The Tokyo Metropolitan University

<sup>‡</sup> 首都大学東京システムデザイン学部ヒューマンメカトロニクスシステムコース

Human Mechatronics Systems Course, Faculty of System Design The Tokyo Metropolitan University

<sup>†††</sup> 首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Graduate school of System Design, Tokyo Metropolitan University



図2 エフェクトのイメージ

ごとに簡略化できると考える。例えば、「泣く」という感情を表現する場合、パペットの手でその顔を覆い身体を前傾させることで、「泣く」様子を表現できる。そこで、これらのある程度限定された動きに対応して、視・聴・触覚フィードバックを付けることができれば、表現の幅が広がり、新しい楽しみ方のある玩具になるのではないかと考えた。

そこで著者らは、パペットの感情を表現する操作（「笑う」、「泣く」、「怒る」の表現）をセンシングすることで、それぞれの動きに対して LED の光やスピーカーからの音声を使って視覚的、聴覚的なエフェクトを与え、楽しみ方や演出の幅を広げるインタラクティブ玩具を提案する。使用イメージを図 1, 2 に示す。

## 2. 関連研究

本稿と比較的類似した関連研究として、センシングとインタフェースの二つの観点から紹介する。

### 2.1 手・指の動きのセンシング

センシングの関連研究では、画像情報とセンサ情報を用いた仮想パペットシステム<sup>1)</sup>が挙げられる。複合現実感 (Mixed Reality) の研究における Web カメラを用いた位置合わせ手法と、データグローブを用いたジェスチャ認識、これらを組み合わせることでユーザの細やかな手の動きを利用し、仮想空間上で直感的にパペットを操作するシステムである。この研究は、ユーザの手の動作を検出する際に用いるセンサ等の機構について、本稿と類似しているが、指を曲げると腕が上がるなど、仮想空間上でパペットを表示するための処理を必要とするために入力 (検出した指の動作) と出力 (パペットの動作) は必ずしも一致するものではない。本稿においては、ユーザの手に取り付けたデバイスがそのままユーザへの視覚的アプローチ方法となるため、手や指、手首の動きは途中で処理を挟むことなく直にパペットの動きに反映される。そうしたパペットの動きを検出し出力へ反映するのでユーザ・パペット間の同期性が高く、ユーザの感情表現の幅を広げるツールとして有意さを持たせることができる。

同様に似たセンシング方法を採用している研究として、フィジカルディマー<sup>2)</sup>が挙げられる。これはユーザの手の握り・振りのジェスチャ、指の動きのジェスチャをそれぞれ検出するふたつのデバイスを用いて、直感的に複数の照明を操作することができるシステムである。それぞれのデバイスに用いられているセンサは本稿で採用している機構と類似しているほか、勾玉型のデバイスの大きい方へ向けて振ったり傾けたりす

ると光量が明るくなるなど、感覚的な動作によって機器を制御できる点も両稿に共通したコンセプトと考えられる。また、指の動作を検出するデバイスについても「ボタンを押す」というデバイス本位の操作ではなく、あくまでも「ユーザのジェスチャによって操作する」という概念を意識させるために、指の折り曲げを認識できる位置にフォトフレクタを配して、指の動きを検出している。これは本稿の目的である感情を表現する幅を広げるデバイスとして成立させるにあたって重要な概念であり、ユーザからのアクセス方法やユーザへの出力などのシステムにおけるユーザビリティの認識に本稿との類似性が見られる。

### 2.2 インタフェース

またインタフェースの関連研究ではパペット型電子楽器「ケロミン」<sup>3)</sup>が挙げられる。ケロミンはアマガエルのパペット型電子楽器で、口の開閉度合いによって段階的に音高を変化させて演奏することにより、直感的な操作を可能にしている。ユーザが実際にパペットを装着して直接操作する点や、動きの度合いによって出力を変化させる点など、本稿との類似点が多い。また子供同士や親子のコミュニケーション、老人ホームで用いる玩具、公共機関における情操教育の手段として用いられている事例が多く、用途における関連性も見受けられる。

本稿では入出力の対象を数種類設けているので、ユーザ自身が手 (パペット) で表現した身振りから、その時のユーザの感情を顔色や声の出力により豊かに表現することができる玩具として成立させている。

同様にぬいぐるみ型インタフェースを用いた研究として、ふわもにゅインタフェース<sup>4)</sup>が挙げられる。この研究は、複数の電子機器に対して用いることができる汎用性のある入出力インタフェースを、導電性糸と羊毛フェルトによって構成されたぬいぐるみ型を利用することで、無機質な電子機器の入出力インタフェースを使用するよりも心地よく、ユーザフレンドリーなインタフェースを制作するものである。ぬいぐるみを撫でる・つつくといったユーザの感覚的な行動からデバイスを操作させること、インタフェースそれ自体とユーザとの親密性に重点をおいていることなど、本稿のコンセプトと類似性が見られる。

ふわもにゅインタフェースにおいては実生活で使用する無機質な電子機器とユーザとの関わりについて考察し研究しているが、本稿ではユーザ間の関係性を育む手助けになるデバイスとしての機能を重要視しているため、デバイスからユーザへの出力についても重要

な研究対象となっている。

### 3. 設計指針

このパペット型のデバイスには以下のようなコンセプトが上げられる。

- パペットを通した、人間の手や指の動きのセンシング。
- 音や光のエフェクトにより、遊び方の幅が広がりによるユーザシナリオの増加。
- ハンディキャップにとらわれないコミュニケーション。

#### 3.1 パペット動作のセンシング

玩具の制作をする場合、ユーザに対して玩具に、親しみやすさを持たせることは重要である。人間の身体の動き、特に手や指の動きをセンシングするデバイスは多くあるが、大半は無機物的な外見をしており、触感も固くごつごつしていて、親しみにくいイメージが定着している。ユーザが一般家庭の親子や、障がい者など、普段電子回路を持ったデバイスなどを使用しない人だと仮定した時、使用してもらうデバイスの視覚的な特徴は、そのデバイスがユーザに与える印象に特に影響を与えると考えられる。

著者らが提案するパペットを用いたデバイスは、玩具として親しみやすい外観や触感にこだわって制作し、動物を模したぬいぐるみ型のデバイスとした。回路は大部分が布で覆われており、ユーザが使う時の抵抗感や違和感を少なくすることができる。

このようなパペット型のデバイスの場合、装着した後ユーザはパペットを直感的に操作できる。手や口を動かすことで遊ぶことができると、多くのユーザは認識できる。そのため、このデバイスは手や指の動きをセンシングするというような説明を行わなくてもインタラクティブな玩具として楽しめるため、アクセシビリティの向上につながる。

#### 3.2 エフェクトによる遊び方の広がり

一般にパペットで遊ぶ時、手や指によってパペットに動きを付けて、それに応じて人が声を出すことで、あたかもパペットが喋っているように演出する場面がよく見られる。パペットを使って遊ぶ場面では、いくつかのパターンがあると考えられる。第1に子どもが1人でパペットを使って遊ぶ場合、第2に複数人の子どもの内何人か（または全員）がパペットを使って遊ぶ場合、そして第3に子どもを相手にした大人がパペットを身につけて遊ぶ場合である（この場合、大人はパペットの動きや声を出すのに徹することが多いよう

に思われる）。特に第1や第3の場合は、パペットはそれ自身の人格やキャラクター性を持った第三者のような存在として扱われることが多いと考えられる。

著者らは第1や第3の場合に着目し、パペットがキャラクター性を持っている場合において、使用者がパペットの行動を考え声まで表現するのではなく、パペットが動きに合わせて声や光による表情の演出を行うようなデバイスを制作した。このようなデバイスを提案することで、子どもが1人で遊ぶ場合でも、パペットからのエフェクトが得られるため、1人遊びをする時の遊び方や楽しみ方が広がると考える。また、大人が子どもを相手にパペットを使って遊ぶ場合においても、「子どもと“大人が操るパペット”」という関係と、「子どもと大人とパペット」という関係の両方を作りやすくし、話し相手としてのパペットの存在感がより強調できると考えた。

#### 3.3 ハンディキャップにとらわれないコミュニケーション

本稿で提案するパペット型のデバイスは、身に付けたパペットを操作すると、それに応じた音声や光のエフェクトがあり、楽しめるという玩具である。特に難しい作業を必要とせず、幼い子どもや視覚・知的などに障がいのある人でも使うことが容易であり、言語的な要素もほとんどなく、国籍を問わず楽しむことができると考えられる。

また、このデバイスは自分自身が使って楽しむことは勿論、パペットは人形劇にも使われる操り人形であるので、見る側も楽しむという要素も十分に取り入れることが可能である。

## 4. 実装

### 4.1 システム概要

本稿で提案するパペット型のデバイスでは、パペッ

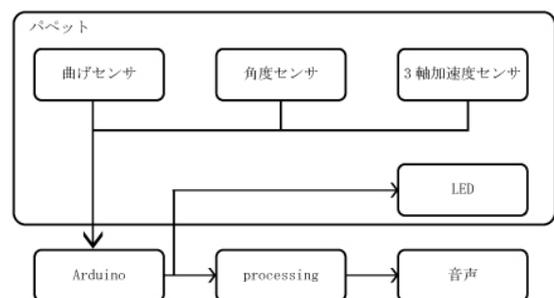


表1 使用したセンサ部品一覧

部品名称	使用目的	メーカー
曲げセンサ	手の開閉の検出	Spectra Symbol 社
回転角度検出センサ (ポテンショメータ方式角度検出センサー)	口の開閉の検出	アルプス社
3 軸加速度センサモジュール	パペットの傾きの検出	カイオニクス社

トの動きを曲げセンサ、角度センサ、3 軸加速度センサの 3 つのセンサを使ってセンシングし、Arduino を介して、パペットの目と顔に取り付けたフルカラー LED と processing による音声出力によってユーザに対し視聴覚フィードバックを与える。3 つのセンサが検出した値の組み合わせによって、パペットがどんな感情を表す動作をしたのかを認識している。表 1 は使用した各センサ一覧である。図 3 にシステム概要を示す。

本プロトタイプでは、パペットの動作によって、「笑う」、「泣く」、「怒る」の 3 つの感情が表現できるようなエフェクトを付けた。

#### 4.2 入力に用いるセンサ

パペットを身に付けた手や指の動きをセンシングするにあたり、パペットにユーザが動きを与える場合、以下のような方法が考えられる。

- 親指や小指を動かし、パペットの手を動かして開閉させる。
- 人差し指や中指、薬指を動かし、パペットの上あごを動かして開閉させる。
- 手首を曲げて、パペットの身体全体を傾けたり揺らしたりする。

まず、パペットの手の動きをセンシングするために、手の甲側の親指と小指に沿う部分には曲げセンサを用いた。次に、パペットの口の開閉をセンシングするために、いくつかの手法が上げられる。フォトリフレクタを使用した場合に、外光の影響を考慮し、光学的なセンシングを避け、角度センサを使用することにした。次に、パペットの身体の傾きをセンシングするために、3 軸加速度センサを利用した。実験段階では、軍手に各センサやブレッドボードなどを取り付けて実験を行った。

パペットの手の動きについては、今回のプロトタイプの制作では、左右それぞれの手の動きを検出することはせず、パペットの両手が閉じたか開いたかをセンシングすることにしたため、長さ 10cm の曲げセンサ

を 1 本のみ用いた。曲げセンサの両端に糸を取り付け、その糸を親指と小指のそれぞれの先端部分にあたる位置と繋ぐことで、パペットの手が閉じたり開いたりする動きをセンシングできた。

パペットの口の開閉については、下あごが固定されていない場合、正しくセンシングすることができない可能性があるため、パペット内に薄いアクリルの板を入れて下あごが動かないように固定をした。また、上下のあごをドアの蝶番のような構造で動かせるようにして、軸の端の部分に角度センサを取り付けることで、口の開閉をセンシングできるようにした。口の開閉をセンシングするためのハードの構造は、図 4 のようになっている。

パペットの身体全体の傾きや揺れ具合をセンシングするために用いた 3 軸加速度センサは、パペットの頭や頭に近い位置に取り付けると、口の開閉の際にセンサが取る値に変化が出てしまい正しくセンシングできない。そのため、3 軸加速度センサはパペットの背中にあたる部分で、曲げセンサの近くに取り付け、パペットの身体全体の傾きや揺れ具合がセンシングできるようにした。各センサの取り付け位置を背面から見た様子を図 5 で示している。

3 つのセンサが検出したパペットの手・口・傾きの状態が、以下の表 1 のような組み合わせになった場合に、それぞれの表情に対応したエフェクトが出されるようになっている。「笑う」のエフェクトは、パペットの手が広げられ、口が大きく開いた際にわりあてた。同様に「泣く」のエフェクトは、パペットの手を広げず身体が前傾姿勢になった時、「怒る」のエフェクト

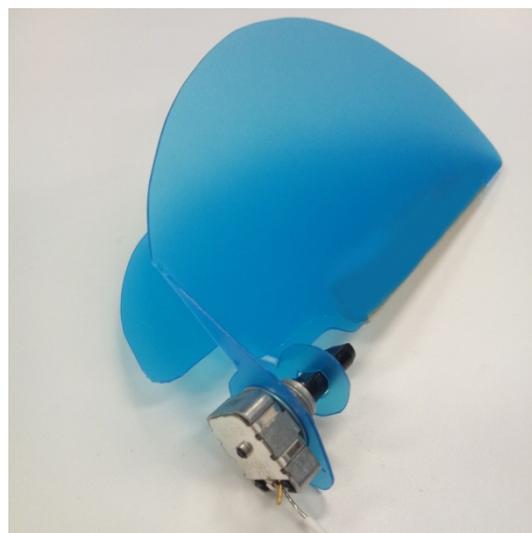


図4 口の開閉角度検出のための構造

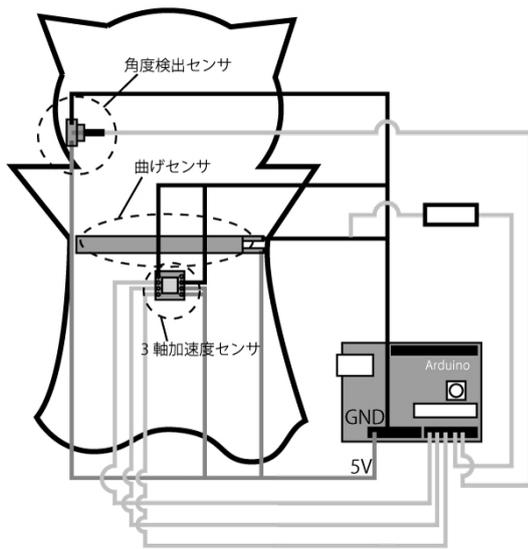


図5 パペットを背面から見た際の、センサの取り付け位置と、入力システムの回路

は、パペットの身体全体が揺れている時にわりあてた。

これら3種類のセンサによって入力される値について、曲げセンサによる入力角度を $\theta$ 、角度検出センサによる入力角度を $\phi$ 、3軸加速度センサによる取得値(加速度)を $x, y, z$ とする。この時、 $\theta$ は $0^\circ$ から $180^\circ$ 、パペットの手が最も開いた時、人の手(親指と小指)の開いた角度は $\theta=130^\circ$ 程度であり、パペットの手を最も閉じた時、手の開いた角度は $\theta=70^\circ$ となっていた。この $\theta$ の値が、 $\theta>90^\circ$ となる手が開いたとされ、 $\theta<75^\circ$ となるとパペットの手が閉じたたと検出されるように、プログラムでの制御を行っている。

同様に、 $\phi$ は値の取得可能範囲が $0^\circ$ から $320^\circ$ までであり、本稿ではパペットの口を完全に閉じた状態を $\phi=90^\circ$ とし、口を完全に開いた状態での $\phi$ の値を計測したところ、 $\phi\approx 210^\circ$ の値が取得できた。つまり、パペットの口が開く最大角度は $120^\circ$ となる。この時、 $\phi>170^\circ$ (口の開く角度が $80^\circ$ 以上)となるとパペットの口が開いたとされ、 $\phi<100^\circ$ となると口が閉じていると検出されるように制御を行った。

3軸加速度センサによって取得できる値を利用して、「泣く」の条件を満たすために必要な前傾の姿勢や、「怒る」の条件を満たすためのパペットの身体の揺れの検出をするための処理を行った。前傾の姿勢を検出する際には、パペットの $z$ 方向(パペットの前後方向)の値の変化を見ることで判定する。パペットが垂直状

態にある時点から、前方方向へ $60^\circ$ 以上傾けた時に前傾の姿勢を検出するようになっている。

次にパペットの身体の揺れを検出する際、Arduinoのスケッチ上でその時取得した値 $x, y, z$ と、その1回前に読み取った値 $x', y', z'$ を用いて揺れの判定を行うために以下の式を用いる。

$$\alpha = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}$$

この式により、 $x, y, z$ と $x', y', z'$ の値によって $\alpha$ の値が求められる。この $\alpha$ の値を参照し、パペットの「怒る」の条件に関連付けた。

表2 各表情を決めるパペットの動作の組み合わせ

表情	手の開閉	口の開閉	身体の傾き
笑う	開く ( $\theta>90^\circ$ )	開く ( $\phi>170^\circ$ )	
泣く	閉じる ( $\theta<75^\circ$ )		前方へ傾く
怒る			激しく揺れる ( $\alpha>80$ )

### 4.3 出力されるエフェクト

著者らが提案するパペット型のデバイスは、LEDと音声出力による2つのエフェクトで、パペットの感情を表現している。2つの出力を組み合わせたエフェクトを作ることによって、表現されている感情がより伝わりやすくなると考えている。

まず、パペットの目と顔に取り付けたフルカラーLEDによる視覚的なエフェクトである。目での表現は感情的な表情に欠かせない要素であると考え。パペットが笑う時は白や緑など落ち着いていて穏やかな色、泣く時には青や紫など悲しさを表す色、怒る時には赤などの怒りを示す色に目の部分に取り付けられたLEDの色を変化させる。また、顔に取り付けるLEDは、パペットの布の内側に取り付けることによって、ぼんやりとパペットの顔色全体が変化するようにした。パペットに使用する布は、LEDの光がパペットの顔で自然な光り方をさせられるようなものを選んだ。パ

表3 各表情によって出力されるエフェクト

表情	目のLED	顔のLED	音声
笑う	白・緑	白・黄色	笑い声
泣く	青・紫	青	泣き声
怒る	赤	赤	効果音



図6 「笑う」、「泣く」、「怒る」のエフェクトのイメージ

ペットが笑う時には顔全体が白や黄色で明るくなり、泣く時には青などで悲しい様子を表し、怒る時には顔全体を赤くして興奮状態を表現する。(図 6 参照) このようにして、目の LED での小さいエフェクトではわかりづらかった視覚的な表情を、顔全体の顔色で表現することによって、よりわかりやすいものにした。各表情と LED の色の対応を表 3 に示す。

次に、各表情を表す音声を出力する聴覚的なエフェクトである。出力音声を作成するにあたり、子どもが遊んでいる状況を考慮に入れて音声の作成を行った。子どもが遊ぶ状況によって、何故笑うか(あるいは、何故泣くか、何故怒るか。)は異なる。また、国籍を問わず楽しんで使えるようにすることも、アクセシビリティを高めるために必要な要素であると考えた。そのため遊び方にユーザ層の幅を持たせるために、言語的な情報のある音声は使わず、笑い声や泣き声、怒ったことを示すような効果音を作り、それらを出力に利用した。

## 5. 今後の展望

著者らが提案するパペット型のデバイスは、パソコンでの制御や電源供給を行っており、プロトタイプ段階である。玩具としての今後の展望では、パソコンと繋がっている、持ち歩いて遊べるこのデバイスの使い方を狭めてしまうことになる。今後は各モジュールをパペット内におさめる予定である。その際には、今回できなかったパペットの片方だけの手の動きや、首の回転角度などのセンシング、耳などのユーザが動かせない部分をモータを用いて動かすエフェクトをつけたりすることで、表現の幅を広げる。更に、パペットを複数作り、それぞれのキャラクターによってエフェクトの音声を変えたりすることで、パペットのキャラクター性や存在感が大きくなる。

布で作られたハードを手に被せて利用するこの入力システムについては、パペットという形に限定するこ

となく、軍手やミトンなど様々なものを利用して、様々なインタフェースをの提案が可能であると考えられる。例えば、ミトンを使ったインタフェースでの料理中の調理家電の操作などの使用シーンが上げられる。今後このような使用方法についても検討していきたい。

以上のように、本稿での提案は玩具と入力システムの2方向からの可能性が上げられる。これらの可能性を今後の発展に繋げていきたい。特に本稿のコンセプトにも直結する前者の玩具としての可能性については、今後も完成度や面白さを追求していきたい。

## 参考文献

- 1) 篠木良, 松下光範: 画像情報とセンサ情報を用いた仮想パペットシステム, インタラクシオン 2011, 2011.
- 2) 金スルギ, 坂本隆成, 白井大地, 水無瀬翔, 吉本和樹, 赤羽亭, 小林茂, 鈴木宣也: フィジカルディマー: 身体動作による照明の制御インタフェース, インタラクシオン 2011, 2011.
- 3) 有限会社トゥロッシュ: パペット電子楽器ケロミン, 2006.
- 4) 富永祐衣, 塚田浩二, 椎尾一郎: ふわものにゆインタフェース, インタラクシオン 2011, 2011.