

## 鏡面反射を利用した目がゆらぐぬいぐるみに関する研究

中井優理子<sup>†1</sup> 岡崎龍太<sup>†1†2</sup> 蜂須拓<sup>†1†2</sup> 佐藤未知<sup>†1†2</sup> 梶本裕之<sup>†1†3</sup>

ぬいぐるみに人とのインタラクション機能を付与する従来の提案の多くは、ぬいぐるみに音声や手足および眼球の動き、呼吸や心拍に伴う動き等を付与するものであったが、不完全に実現されたインタラクションはかえってぬいぐるみに対する没入感を損なう危険があった。今回我々はぬいぐるみに生き物感を付与する最小限の構成として、目の表面の涙のゆらぎを表現する手法を提案する。涙のゆらぎは鏡面反射によって拡大して知覚されるため、微小な動きで人に知覚させることが出来、また感情表現を行える可能性がある。今回は水中の気泡と振動子を用いるだけの簡易な手法で目のゆらぎを実装し、その効果を検証した。

### Stuffed-toy with Wavering Eyes by Specular-reflection

YURIKO NAKAI<sup>†1</sup> RYUTA OKAZAKI<sup>†1†2</sup> TAKU HACHISU<sup>†1†2</sup>  
MICHI SATO<sup>†1†2</sup> HIROYUKI KAJIMOTO<sup>†1†3</sup>

While there are many proposals of enriching interaction between human and stuffed-toys by additional functions such as voice, movement of arms and legs or breath and heartbeat, they have the risk of damaging live interaction, by letting users finding the imperfectness of the interaction. This research aims to enchant stuffed-toys with minimal components, and we proposed a method to express tear wavering on eyes surfaces. Even if tear wavering is small, we can observe it by specular-reflection, and feel emotion from this movement. We developed the eyes wavering component by using bubbles in water and vibration motors, and evaluated the method.

#### 1. はじめに

ぬいぐるみは、ふわふわとした触感や愛らしさで多くの人々を魅了してきた。一方で、ぬいぐるみは布の中に詰め物をして整形しただけのおもちゃであるため、ぬいぐるみからのフィードバックはない。これに対して、ぬいぐるみに機械的な装置を内蔵することで人々の撫でる、見つめる、話しかける、抱きしめるといった愛着行動に対し音声や動作をフィードバックする機能を付加し、人とぬいぐるみとのインタラクションを実現する提案が数多くなされてきた。

しかし機械的な装置を内蔵したぬいぐるみ（以下、ぬいぐるみロボットと呼ぶ）は動かないぬいぐるみと比較し、飽きが早いというのが実情である。我々はその理由は次の2点にあると考えた。第一にぬいぐるみロボットは人々を満足させる程のインタラクションのパタン数を満たしていないという点である。第二にぬいぐるみにも実際に生きているような「生命感」を人々が求めているという点である。動かないぬいぐるみは動かないことが前提であるため、それを約束事としてユーザの脳内で補完させている。一方で、ぬいぐるみロボットは音声や動きを伴うことで、かえってこの約束事を揺るがし、ぬいぐるみロボットと実際の生き物との差分を露呈し人々に顕著に知覚させてしまう。この問題はインタラクションのパタンが生命感をも表現できる

程に多様になれば解決されると考えられるが、その実現には未だ長い時間を要すると予想される。

我々はぬいぐるみに「生命感」を付与しながらも、ぬいぐるみが動かないという約束事を破らないための手法として、ぬいぐるみの目にゆらぎを付与するという新たな手法を提案する。実際の生き物とぬいぐるみとの差異のひとつとして目の表面の涙のゆらぎがあるが、その動きは微小である。そのため身体の動きや音声を与える場合に比べ実際の生き物との差異を知覚させることがなく視覚的なフィードバックを行え、ぬいぐるみの約束事を維持しつつアイコンタクトなど自然なインタラクションを実現できる可能性がある。本論文では以上の提案に基づくプロトタイプの実装と、デモ展示を行った際の体験者の評価を報告する。

#### 2. 先行事例

ぬいぐるみから音声や動きをフィードバックしインタラクションを図った提案として、Walter らによる“The Huggable”が挙げられる1)。“The Huggable”は人の触行動に対して振り返る、喉を鳴らすといった反応をするインタラクティブなぬいぐるみロボットである。ユーザの触行動に加え、Shibata らは人からかけられる言葉にも反応して動くアザラシ型ロボット「パロ」を2)、タカラトミーは人の問いかけに対する独自言語による返答や目や身体の運動をするコミュニケーション・トイ「ファービー」を3)、富士通はユーザの表情および動作にも対応し鳴き声や動きなど300の振る舞いをする高性能ディベア・ロボットを開発した4)。またMIT Media LabとStan Winston Studioが共同

<sup>†1</sup> 電気通信大学  
The University of Electro-Communications

<sup>†2</sup> 日本学術振興会特別研究員  
JSPS Research Fellow

<sup>†3</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
Japan Science and Technology Agency

開発したソーシャルインテリジェントロボット“Leonardo”は69自由度の可動部(内, 32個は顔に内蔵)を持ち, 非常に滑らかな動きによる反応を実現している5)。Liらはぬいぐるみの音声や動きのみでなく触れたときの柔らかさも重視し, 柔らかさを保ちつつ自発的に動くことが可能なぬいぐるみロボットを開発した6)。Yanakaらの“ZZZoo Pillows”は呼吸や体温, いびき, 心拍に伴う動きによるインタラクションを実現した7)。Yonezawaらはアイコンタクトに着目し, 人とぬいぐるみとの視線コミュニケーションシステムを提案している8)。

また, 生命感の表現に関してもいくつか提案がされている。中田は風船や振動モータなどをぬいぐるみに内蔵し, 呼吸・鼓動運動を付加することで「動物らしさ感」(我々の考える生命感と等しい)を演出した9)。植木らは周囲の様子を察知し呼吸しているように見える照明器具“Tabby”を10)、橋本らはスピーカの振動を用いた「生物感提示装置」を開発した11)。SonyのエンターテインメントロボットAIBO ERS-7M3は背中に内蔵したLEDから筐体内部を透かしてみせる光を発することで生命感を表現している12)。もちろん動物のみならず人間も人間らしさという形で生命感を持ち合わせている。港らはアンドロイドの顔を人間に酷似させることでアンドロイドに人間らしさをもたらした13)。その際アンドロイドのまばたき動作が人間らしい印象を与えた可能性を示唆しており, まばたきが人のアンドロイドに対する好印象形成に強い影響を与えたと報告している。このような事実から, 目は生命感を表現するための重要な役割を果たしていることがわかる。上記の他に目を使って生命感を演出した例としては, クワクボリョウタのニコダマが挙げられる14)。ニコダマは瞬きをする2対の目玉をあらゆるものに貼りつけることで, ものを生き物のように見せている。さらに目は, 感情を伝えるというコミュニケーションにおいて重要な役割も果たす。感情を伝える部位としては目以外にも口や眉が挙げられるが, 特に日本人に関しては目から感情を読み取りやすいという報告がされている15)。OsawaはAgencyGlassにより目による感情表現を行い, 感情労働の代替を行っている16)。

我々も生命感を演出するため目に着目した。本論文ではぬいぐるみの目にゆらぎを付与するという新たな手法を提案する。目の表面の涙のゆらぎは実際の生き物とぬいぐるみの差異のひとつである。涙の揺らぎは微小な動きでありながら, 鏡面反射により拡大され人に知覚させやすい。しかしその動きは手足や身体全体の動きと比較すれば極めて小さく, 小型のアクチュエータで十分な効果が期待できる。

### 3. 提案手法

提案するぬいぐるみのゆらぐ目の外観を図1に示す。ぬいぐるみに埋め込んだ目には水と気泡が封入されている。



図1 ゆらぐ目の外観  
Figure 1 Wavering Eyes

この気泡を目の背面に取り付けた振動モータにより振動させることで目のゆらぎを再現する。振動は目全体を振動させるが, 目全体と比較し気泡は鏡面反射により微小な振動で大きくゆらいで見せることができる。そのため実際に目に見えるのは気泡の振動のみである。

ゆらぐ目は4枚の亚克力板と1つのペット半球および, 水と水中の気泡, 円盤型振動モータ (FM34F), プラスティックネジ, ナット, ワッシャ, 黒いシールから構成される(図2)。図1は図2の部品を積層したものであり, 右の部品ほど目の外側に位置する。左から2番目の黒いシールは黒目をつくるために使用した。左から3番目にある亚克力板が黒ければ不要であったが, あいにく黒い亚克力板の用意がなかったため使用した。

ゆらぐ目の構造の側面図を図3に示す。水と気泡はペット半球と亚克力板の中に封入し, 最後にネジとワッシャ, ナットにより固定した。気泡は左から4, 5番目の亚克力板の穴を異なる大きさとし, 3番目の穴の無い亚克力板でふさぐことで穴の中に閉じ込め, 目を上に向けた際にも水の中に浮遊しないよう固定している。左から4, 5番目の亚克力板はそれぞれブラウンのもの, スモークブラウンのものを使用した。スモークブラウンの方がブラウン目に透明感を与えられるが, 背後の振動子が見えないよう内側に不透明なブラウンのものを使用した。

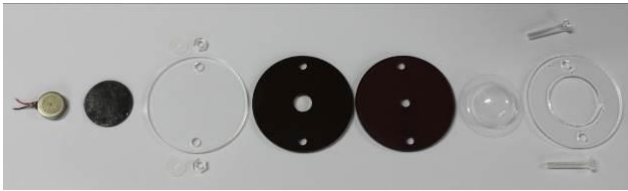


図 2 ゆらぐ目の部品

(左から、振動モータ、黒いシール、アクリル板およびナットとワッシャ、ブラウンのアクリル板、スモークブラウンのアクリル板、PET半球、アクリル板及びネジ)

Figure 2 Parts of the wavering eyes

(from left, a vibrating motor, a black seal, a clear acrylic plate and hexagonal nuts and washers, a brown acrylic plate, a smoke brown acrylic plate, a PET hemisphere, a clear acrylic plate and screws)

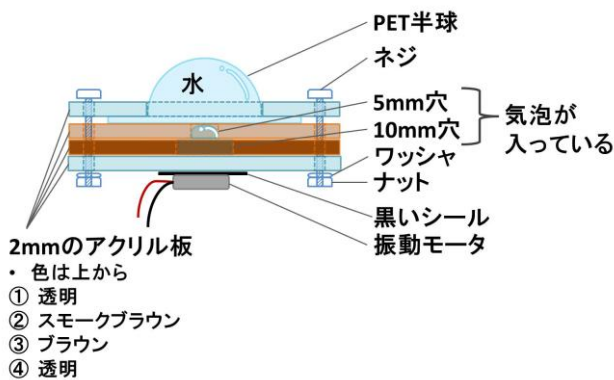


図 3 ゆらぐ目の構造の側面図

Figure 3 Side view of the structure

全てのアクリル板の厚みは2mmで直径は44.2mmであった。また3層目のアクリル板中央の小さな穴は5mm, 大きな穴は10mm, ネジはM3のプラスチックネジを使用した。PET半球は花昭製の内径20mmのもので高さは約10mmでであった。なお、図1では説明の都合上、黒いシールと振動モータを外している。

実際にぬいぐるみに搭載した様子を図4に示す。振動モータの駆動には3Vのボタン電池(CR2016)と1kΩの半固定抵抗(3362P-1-102LF)を使用した。最終的にこれらの実装はぬいぐるみに内蔵する予定である。

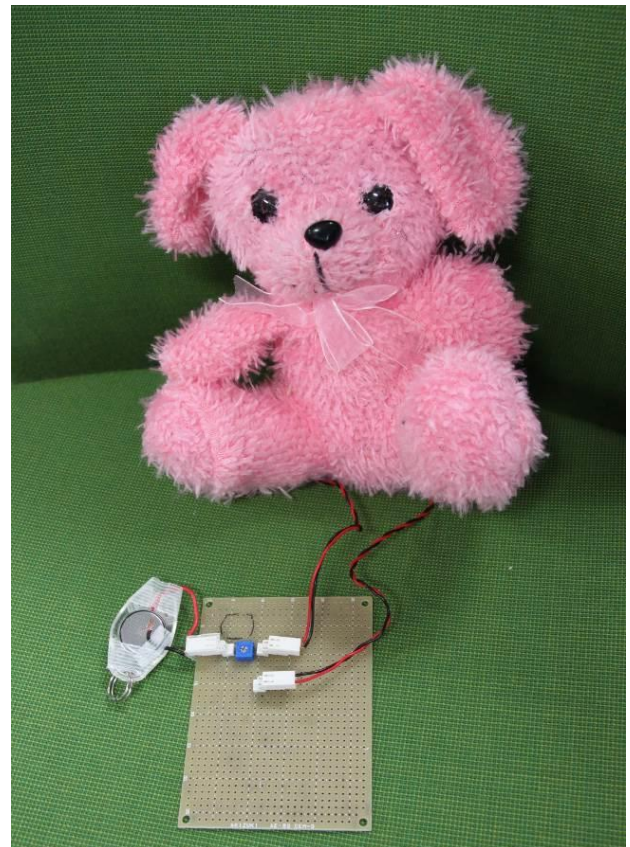


図 4 ぬいぐるみに実装した様子

Figure 4 Stuffed-toy with wavering eyes

実際に目が揺らいている様子を図5に示す。図5は実際に目が揺らいている際の動画をコマ撮りし、時間軸で上から下に並べたものである。目の中央を観察すると、気泡の振動により反射の光の形が変化していることがわかる。



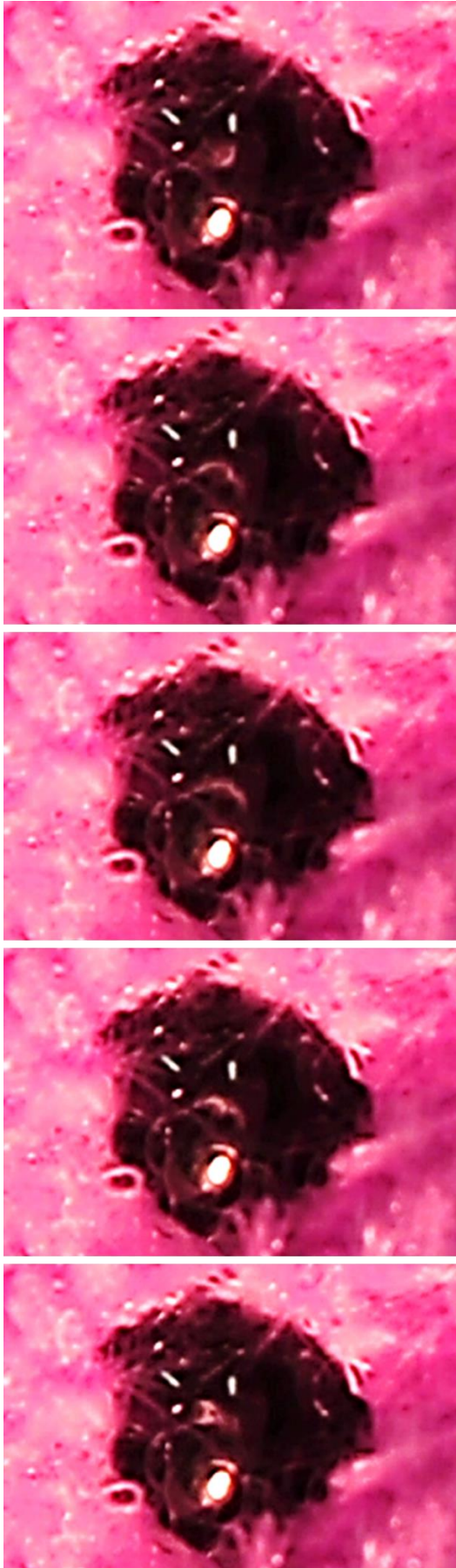


図 5 目が揺らいでいる様子の拡大図  
Figure 5 Enlarged views of Wavering Eyes

#### 4. 評価

今回我々は電気通信大学で7月20日に行われたオープンキャンパスにおいて、本プロトタイプ/demo展示を行った(図6)。体験は椅子に目がゆらぐぬいぐるみと、目がゆらがない一般的なぬいぐるみを置き比較するというものとした。来場者名簿に記載があった来場者は56名で、本プロトタイプ/demo体験をしたのは30人程度であった。今回は学部入学希望社を対象としたイベントであったため、体験者のほとんどが高校生や大学生であった。

demo体験者から得られたコメントを評価として報告する。7割程度がポジティブな反応を示した。そのうち8割程度はなんとなく面白いといった感覚的なコメントをし、2割程度からはぬいぐるみの目に着目したのは着眼点として新しい、目を少しゆらがせているだけなのにロボットとは一線を画している感じがする等の具体的なコメントを得られた。一方で、残りの3割は目がゆらいでいるのが見えづらい、目がゆらいでいるのはわかるが何も感じないといったネガティブな反応を示した。目のゆらぎが見えづかった原因としては、人が頻繁に出入りする環境での展示であったため、体験者がぬいぐるみの目を見る角度が一定でなく見え方に差があったと考えられる。そのため今後展示を行う場合はぬいぐるみを体験者から見やすい場所を用意するなど展示環境の改善を行う。

年齢や男女による男女による評価の差は特に見受けられなかった。展示の際、説明の中で普段ぬいぐるみに触れたり見たりする機会はあるかを質問したが、普段からぬいぐるみに触れたりみたりする割合についても男女による差はなかった。年齢に関しては、より幅広い年齢層の体験者に体験してもらうことで評価の違いを確認できる可能性がある。



図 6 デモ展示の様子  
Figure 6 Demonstration

## 5. おわりに

今回我々は水中の気泡と振動子を用いるだけの簡易な手法でぬいぐるみの目にゆらぎを付与する手法を提案した。さらにこの手法により、ぬいぐるみに「生命感」を与え、人とぬいぐるみとのインタラクションに活用できる可能性があることを示唆した。今後はぬいぐるみによりリアルな生命感を与えられるよう工夫をしていく。

また将来的には、人において「目は口ほどにものを言う」と言われるように、目がゆらぐ周波数や振幅を変化させるだけでぬいぐるみにおいても喜怒哀楽の感情表現を実現可能なシステムを構築し、ぬいぐるみの生命感を増強し、より豊かなインタラクションを実現したい。

## 参考文献

- 1) Stiehl, W. D., Breazeal, C., Han, KH., Lieberman, J., Lalla, L., Maymin, Allan., Salinas, J., Fuentes, D., Toscano, R., Tong, C, H., Kishore, A., Berlin, M. and Gray, J.: The huggable: a therapeutic robotic companion for relational, affective touch., ACM SIGGRAPH 2006 emerging technologies. ACM (2006).
- 2) Wada, K., Shibata, T., Musha, T. and Kimura, S.: Robot therapy for elders affected by dementia, Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE 27.4, pp.53-60 (2008).
- 3) タカラトミー 商品情報 ファービー  
<http://www.takaratomy.co.jp/products/furby/index.php>
- 4) GIZMODE [ #CEATEC ] これは癒される！ 人に優しいこぐま型ソーシャルロボット～富士通  
[http://www.gizmodo.jp/2010/10/\\_ceatec\\_robot\\_social.html](http://www.gizmodo.jp/2010/10/_ceatec_robot_social.html)
- 5) MIT Media Lab Personal Robots Group Leonardo  
<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/leonardo/overview/overview.html>
- 6) 高瀬裕, 山下洋平, 石川達也, 椎名美奈, 三武裕玄, 長谷川晶一: 多様な身体動作が可能な芯まで柔らかいぬいぐるみロボット (<特集> アート & エンタテインメント 3). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18.3: 327-336 (2013).
- 7) Yanaka, S., Kosaka, T. and Hattori, M.: ZZZoo pillows: sense of sleeping alongside somebody. In: SIGGRAPH Asia 2013 Emerging Technologies. ACM, pp.17 (2013).
- 8) Yonezawa, T., Yamazoe, H., Utsumi, A., and Abe, S.: Gaze-communicative behavior of stuffed-toy robot with joint attention and eye contact based on ambient gaze-tracking. In Proceedings of the 9th international conference on Multimodal interfaces, ACM, pp. 140-145 (2007).
- 9) 中田亨: ペット動物の対人心理作用のロボットにおける構築, 東京大学大学院工学系研究科博士課程先端学際工学専攻博士論文 (2001)
- 10) Ueki, A., Kamata, M., and Inakage, M.: Tabby: designing of coexisting entertainment content in everyday life by expanding the design of furniture. In Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology, ACM, pp.72-78 (2007).
- 11) 橋本悠希, 梶本裕之: 生物感提示装置, 情報処理学会インタラクション (2008).
- 12) Sony AIBO ERS-7M3  
<http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/ers7m3/design.html>
- 13) 港隆史, 石黒浩: アンドロイドの顔における人間らしさ (顔を見る, 顔を思う, 顔をつくる-顔知覚研究の行方-, 2005 年度 第2 回フォーラム). 基礎心理学研究, 25.1, pp.96-102 (2006).
- 14) クワクポリョウタ: Media Art for Bootstrapping, The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers, 65.1: pp.59-63 (2011).
- 15) Yuki, M., Maddux, WW. and Masuda, T.: Are the windows to the soul the same in the East and West? Cultural differences in using the eyes and mouth as cues to recognize emotions in Japan and the United States. Journal of Experimental Social Psychology 43.2, pp.303-311 (2007).
- 16) Osawa, H.: Emotional cyborg: human extension with agency for emotional labor. In Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction, ACM, pp.108-108 (2014).