

PINOKY：ぬいぐるみを駆動するリング型のデバイス

PINOKY: A Ring that Animates Your Plush Toys

杉浦 裕太 リー カリスト 尾形 正泰 牧野 泰才 坂本 大介 稲見 昌彦 五十嵐 健夫*

Summary. We present a PINOKY, a mobile, ring-like device that can be externally attached to any plush toy as an accessory. It allows the user to animate plush toys, such as moving its arms, legs, body, or tails. The device consists of a microcontroller, motors, photoreflectors, a wireless module and a battery. By using the device, users are able to control the toy remotely or record and playback movements on the toy. Instead of using other methods which animate plush toys, our method is non-intrusive, not requiring the user to make any alterations to the toy. Thus, the user is able to instantly make any of his/her favorite existing plush toys at home into soft robots. This paper describes the prototype device and reports on our evaluation of the system. Finally, we show several usage scenarios using PINOKY.

1 はじめに

ぬいぐるみのような外観をしたロボットは、子供の玩具だけでなく[5]、近年ではセラピーやコミュニケーションツール、ペットの代替としての有効性が期待されている[17][14]。それらは感触が良く、キャラクタなどのフレンドリな外観を保持しているため、人はそれらを撫でたり、抱擁するなどの身体的なインタラクションを行うことができる[9]。一方で、従来のぬいぐるみロボットにおいては、駆動部位を動かすための装置が内部に埋め込まれている構造が一般的であり、素人レベルではそれらを自由に組み替えることができなかった。また、ロボットの動作においても基本的には制作者によって決められていることがほとんどであった。そこで本研究では、特に工学的な知識を持たない素人でもぬいぐるみロボットの動作部位を自由に組み替えることができるシステムの構築を目的としている。

本研究のもう一つの目的としては、既存のぬいぐるみをロボット化することにある。ユビキタスコンピューティングの文脈において、既に存在する日用品にコンピュータを埋め込み、環境に馴染みやすいインターフェースを構築するような試みがされている[2][7]。我々が今回注目しているぬいぐるみは、一般的に家庭に浸透しているものである。これらは、人型、動物型といったようにキャラクター付けがなされており、また手足などの身体を持っている。これら既存の外見のままインタラクティブな存在にすることで、例えば人と家電をつなぐエージェントのよ

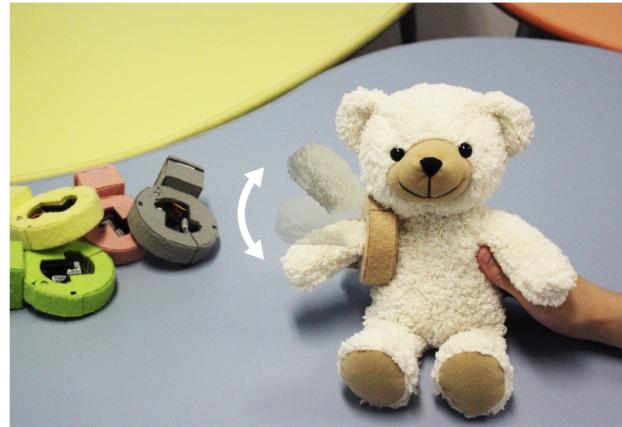


図 1. ぬいぐるみに PINOKY が装着された様子

うな役割として、またそこに遠隔地の人を投射し、コミュニケーションのメディアとして利用することが考えられる。ぬいぐるみを駆動する方法がいくつか提案されているが[15][18]、一方でユーザが大切にしているぬいぐるみを割いてシステムを埋め込むことを要求することは難しい。それ故に、本研究では、既存のぬいぐるみを傷つけることなく、インタラクティブなロボットシステムにすることを目的とする。

そこで本研究では、PINOKY（ピノキー）というぬいぐるみの手足、尻尾などの部位を動かすことができるリング型のデバイスを提案する（図1）。デバイスにはバッテリーや無線機器などが一つのモジュールになっているため、プレスレッドのようにアクセサリ感覚でぬいぐるみの動かしたい部分に取り付けることができ、駆動させることができる。PINOKYは、マイクロコントローラ、サーボモータ、センサ（フォトリフレクタ）、無線モジュール、バッテリー

Copyright is held by the author(s).

* Yuta Sugiura and Masahiko Inami, 慶應大学 / JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Calista Lee, Masayasu Ogata and Yasutoshi Makino, 慶應大学, Daisuke Sakamoto and Takeo Igarashi, 東京大学 / JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

によって構成されている。2つのサーボモータによってぬいぐるみの表面の布を引っ張り合することで稼働させ、フォトリフレクタは駆動部がどれだけ屈曲しているかを認識する。またユーザが動作の教示を行う際にもこのセンサを用いて計測する。本稿では、このデバイスのプロトタイプを行い、それを利用したいいくつかのアプリケーションを作成したのでこれを報告する。

2 関連研究

ぬいぐるみロボットはこれまで子供の玩具として普及してきたが[5]、近年では、これらはセラピーやコミュニケーションメディア、エージェントとしての可能性が示唆されている。Wada らは、アザラシのような柔らかい手触りのロボットを作成し、これを高齢者へのセラピーとしての有効性を実験によって検証している[17]。Breazeal らは、ぬいぐるみロボットでジェスチャー等を組み合わせた協調作業支援システムを提案している[1]。Sekiguchi らは、テディベア型のロボットを用いて、声だけでなくモーション、触覚的な要素を伝達するコミュニケーションツールを提案している[14]。これらのぬいぐるみを動かす技術としては、ぬいぐるみ内部にDCモータとエンコーダを埋め込むというのが一般的である[5][14]。Stiehl らは、ボイスコイルモータを用いることで、バックラッシュなしで、生物のようにスムーズに動作する仕組みを提案している[15]。また、石川らは、複数の糸を使うことでぬいぐるみの柔らかさを損なわない駆動手法を開発している[18]。一方で、これらの手法においては、制作者によって駆動箇所が決定されており、コンピュータやアクチュエータがぬいぐるみ内部に埋め込まれているため、素人が簡単にカスタマイズできるものではない。本研究で提案するデバイスは、リング型のアクチュエータであり、プレスレッドのようにアクセサリ感覚でユーザが動かしたい場所に取り付けることが可能である。

素人でも既存の日用品に対してコンピュータを埋め込むことができ、それらをインターフェースにする技術が開発されている[2]。覧らは、既存のクッションや枕などの柔軟物体をタッチデバイスするセンサモジュールを開発した[7]。既存に存在する物体に実体のある動きを与えて対話能力を持たせる技術として、大澤らは、手、目、口などのモジュール化されたロボットでバイスを電化製品に貼付けることで、エージェントにするような試みをしている[10]。小泉らは紙にバイオメタルを貼付け、それをレーザで照射することで動かすことができるAnimated Paperというシステムを提案している[8]。Probst らも小泉らと同様、紙にバイオメタルを貼付けて、一般的なポストイットを動きをもったI/Oメディアにするシステムを提案している[11]。Coelho らもバイオメタルを利用して、スポンジや布を駆動することに成

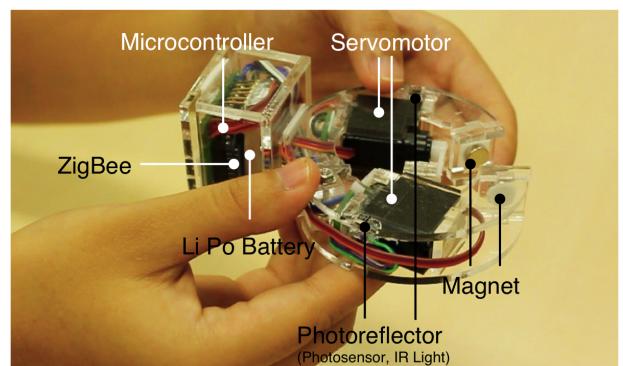


図 2. PINOKY の構成

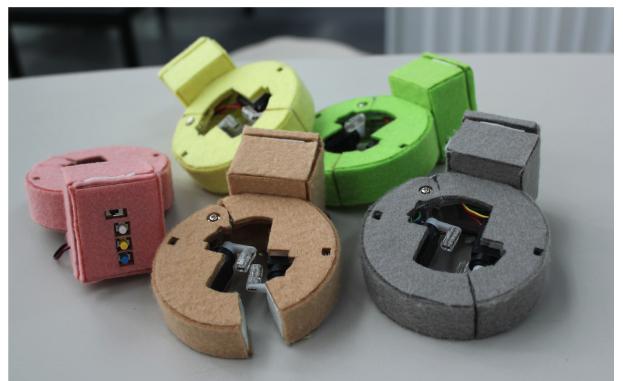


図 3. PINOKY の外観

功している[3]。Furukawa らは、動物の毛皮に一般的な振動モータを貼付けることで毛皮を逆立てる現象を引き起こすことに成功している[6]。本研究では、一般的に市販されているぬいぐるみに動きを付加し、それをインタラクティブなロボットに変換する技術を提案する。

3 PINOKY

ぬいぐるみを動かす技術としては、ぬいぐるみの内部に埋め込む構造のものが一般的であり、これは、ぬいぐるみを切り開いて埋め込むことを要求する。本研究で提案するデバイスはぬいぐるみを傷つけることなく、ぬいぐるみの外側から駆動させるものである。PINOKYはぬいぐるみに簡単に取り外し可能な構造になっているため、工学的知識がない人でも自由に動かしたい部位をカスタマイズすることが可能である。以下の段落では、システム構成、ぬいぐるみの駆動方法、関節角度の計測方法、PINOKYとの基本的なインタラクション方法を説明する。

3.1 システム構成

PINOKYはサーボモータ、フォトリフレクタ、ZigBee、Arduino Pro Mini、リチウムポリマーバッテリー(350mA)によって構成されている(図2)。サー

PINOKY: A Ring That Animates Your Plush Toys

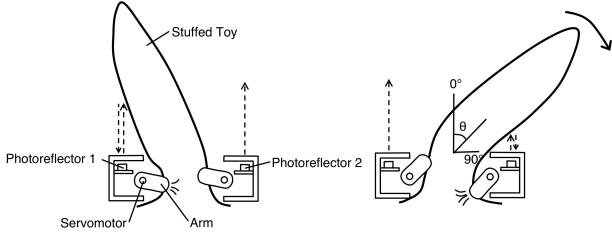


図 4. 関節の駆動と計測

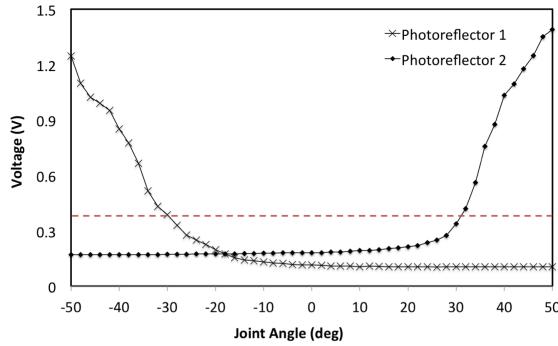


図 5. 関節角とフォトリフレクタの関係

ボモータはぬいぐるみの表面の布を引っ張ることで屈曲させるために利用され、また、フォトリフレクタはぬいぐるみの関節角度を読み取るために利用される。センサデータはZigBeeを用いてデバイス同士やPCに送られ、PINOKY同士を同期させるために用いられる。リングは磁石によって開閉可能な仕組みになっており、特別な道具を必要とせずぬいぐるみにPINOKYを着脱できるような仕組みになっている。PINOKYは常に動かしている状態で約1時間使用できる。デバイスの外装は、ぬいぐるみの素材と適合できるようにフェルトで覆われている(図3)。

3.2 駆動方法

我々は、外側からぬいぐるみを駆動するリング型のアクチュエータを開発した。このアクチュエータは2つのサーボモータによってぬいぐるみの関節を屈曲させる。サーボモータには、フレームが取り付けられており、これが図4のようにぬいぐるみの表面の布に接地している。図4の左のようにフレームが動くと一方のぬいぐるみの表面の布は引き込まれ、もう一方は押し出されるために屈曲する。また、サーボモータの回転方向を逆にすることで反対方向にも曲げることができる。またサーボモータの回転スピードや角度によって、ぬいぐるみを曲げるスピードや動作角度を制御することが可能である。現在のデバイスでは、最大左右に50°ずつぬいぐるみを駆動できることを確認している。

ぬいぐるみの関節角度を認識する手法として、フォ



図 6. ワークショップの様子

トリフレクタを用いている。一般的にフォトリフレクタは対象物体までの距離を計測する目的で利用されるが、我々はこの特徴を関節角度を認識するため応用する。フォトリフレクタは図4のようにリング型デバイスの周囲に貼付けられている。ぬいぐるみがユーザによって曲げられたとき、センサとぬいぐるみの表面の布との距離が縮まるため、屈曲したことを見識することができる。図5は直径8.5cmのぬいぐるみを $-50^\circ < \theta < 50^\circ$ で傾けたときのフォトリフレクタの値を示す。グラフ中の赤線は人が指で直接センサに触れたときの値である。これを考慮すると、本センサは $\theta < -31.2^\circ$, $34.2^\circ < \theta$ の範囲において有効に機能する。

3.3 PINOKYとのインタラクション方法

我々はPINOKYとのインタラクションを設計するに当たって、Raffleらが開発したTopoboを参考にした[12]。PINOKYとの基本的なインタラクション方法としては、記録・再生、同期モードが用意されている。これらのモードは、デバイスの背面に取り付けられている押しボタン式スイッチで切り替える(図3)。記録・再生モードでは、ユーザがぬいぐるみの関節を屈曲させることで動作を記録させ、それを再生することができる。同期モードでは、一つのぬいぐるみの関節を屈曲させると、複数のPINOKYが同様の方向、タイミングで屈曲させる。

4 運用テスト

日本科学未来館の協力のもと、一般の方を対象としたワークショップを開催し、本デバイスの有効性について簡単な検証を行った(図11)。ワークショップには9才から45才までの10名の一般人が参加した。実験は一回に1~2名で行った。ぬいぐるみは予め実験者が15種類準備したものを用いた。はじめに簡単なチュートリアルを行って、システムの使い方を簡単に練習したあと、自由にぬいぐるみにデバイスを取り付けて、楽しんでもらった。

全ての被験者が、デバイスを各ぬいぐるみに取り付けて駆動させることに成功した。また被験者によつ

てデバイスの取り付ける部分や動作教示の内容が異なっていたり、ぬいぐるみに複数取り付けるユーザも観察することができた。実験を通してデバイスがぬいぐるみを破損するということは一度も確認されなかった。システムの課題としては、センサがうまく関節の傾きを認識せず、何度か動作を記録できないということが挙げられた。また通信の遅延が生じる場面もあった。事後にインタビューを行ったところ、全ての被験者が「自分の大切にしているぬいぐるみを動かすことができる」というにコンセプトに共感していた。体験者からは「ワンタッチで取り付けることができて良い」や「これを用いて友達と通信したい」などちらの意図に合った意見を得ることができた。さらに「デバイスの駆動音を消すことはできないか」「もう少しサイズを小さくすることはできないか」「もっと複雑な動きをしてほしい」「ぬいぐるみ以外にPINOKYを付けて動かせるものはないだろうか」など今後の検討すべきことやデバイスの新しい使い方などに関してもコメントを得ることができた。

5 議論

前章において開発したシステムの運用試験における結果を述べた。本稿ではこれらを踏まえて、実生活における具体的なPINOKYの利用方法、既存の日用品にコンピューティングする意義、現状のシステムの限界と今後の展望を議論する。

5.1 アプリケーションシナリオ

5.1.1 ストーリーテリング

子供は周囲にある日用品や環境を使って独自の物語を作り、遊ぶことがある。ぬいぐるみは日用品の中でも人間や動物に近い身体を持っており、物語の登場人物として扱うことができる。これにPINOKYを用いてぬいぐるみの動作を取り入れることで、より創造的に物語を作成することができると考える。例えば、今までぬいぐるみの動作は毎回手で操作していたが、PINOKYを使うことで、これをアーカイブ化し、一人で複数のぬいぐるみを同時に扱うことができるようになる。現在の実装では、別途用意されたPCによってどのタイミングでデバイスが教示されたかを管理している。自動的に動くぬいぐるみや人形は、それ自身が動いているように見えるため、新しい遊びを誘発することもあるだろう。

5.1.2 テレコミュニケーション

音声や映像を超えて触覚やロボットの動作を伝送してコミュニケーションを行う提案が近年多くされている[13][14][16]。PINOKYをサーバーと接続させることで離れた場所でも動作を同期させることができる。今回はTCP/IPを通してデバイス同士



図 7. ストーリーテリング

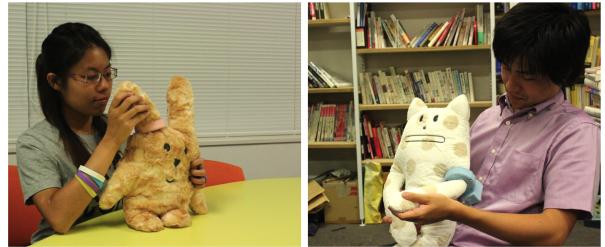


図 8. テレコミュニケーション

が同期するシステムを構築した。またデバイス間だけでなく、KinectやiPhoneを用いてPINOKYを操作できるような仕組みを構築することで、よりコミュニケーションの幅を広げることができるだろう。

5.1.3 既存の動画配信サービスとの連動

PINOKYと動画配信サービスと連動させることで、映像コンテンツをより没入させて提供することができると考えている。一つは、PINOKYが取り付けられたぬいぐるみをPC画面の横に配置して、人と対面した形をとることで、その映像を身振り手振りを使って説明するようなナレーターとしての役割を担うことができるだろう。もう一方で、PINOKYをつけたぬいぐるみと一緒に映像を見ているような体験を提供することができるだろう。Fukushimaらは、視覚的な映像、特にコメディなどにある「観客による笑い」を環境に配置したロボットが行うことでの実際映像だけの提供よりも強いエンタテインメントを提供できることを確認している[4]。この研究は特別に用意したロボットであるのに対して、我々はいつも側にあるぬいぐるみと一緒に映像をみるとといった経験を提供する。例えばホラー映画の観聴時に、抱きかかえているPINOKYが盛り上がるポイントで驚いたように手足をバタバタさせたりすると言ったことが考えられるだろう。PINOKYは、ぬいぐるみの柔らかさを損なわないため、容易にユーザは抱えることができ、ロボットの視覚的な存在感だけでなく、触覚的な要素も組み合わせて観聴者に提供することが可能となる。

我々はその初步段階として既存の映像配信サービ

ス「ニコニコ動画」にPINOKYを連動させる試みをした。これは視聴者が動画時間軸に沿ってコメントを残すことができるような仕組みになっており、一度コメントを記入すると、次回以降、そのコメントが映像にオーバーレイされて視聴者に表示されるような仕組みになっている。この時間情報、投稿者を含んだコメントを取得できるAPIが用意されており、我々はまずはこれらのコメントを取得、解析してPINOKYがリアクションを行うような簡単な実装を行った。具体的には、拍手を表すコメントとして利用される「88888」や笑いの意味で用いられる「www」などの言語を抽出してそれにあつた動きをPINOKYに行わせるようにした。今回はAPIが用意されているニコニコ動画との連動を行ったが、YouTubeにおいても時間軸に沿ってアノテーションを付加できる機能があるので、APIが用意されれば同様のことができるだろう。

5.2 既存の日用品をインターフェースに用いる意義

コンピュータが埋め込まれた日用品や環境が連携して最適なサービスを提供するような取り組みがユビキタスコンピューティングの文脈において盛んに行われている。一方で、これまでの研究の多くは、コンピュータを新たに埋め込むことを想定して、対象物の日用品や環境が設計されていることが多い。この場合、新規に専用の日用品を購入する必要があるため、コストがかからってしまうという課題や、部屋の外観を大幅に変更必要となる懼れがあり、導入の敷居が高い。これらの理由で、特にユビキタスコンピューティングへの移行期においては、既に家庭に存在する物体にコンピュータを埋め込む技術が重要になるとを考えている。また、その日用品の本質的な機能（今回はぬいぐるみであるため、その触感や可愛さなど）を失わずにコンピュータを埋め込むということも必要な要件と考える。

5.3 システム限界と今後の展望

本稿でプロトタイプしたデバイスにおいて、いくつかハードウェアの課題がある。まずデバイスのサイズの課題がある。現在は、一般的に市販されているマイクロコントローラやZigBeeモジュールを用いているため、これを本モジュール専用のものを作成することで、デバイスのサイズを小さくすることができるだろう。現在はサーボモータを用いてぬいぐるみを駆動しているため、駆動音が生じてしまうという課題もある。これをバイオメタルなどのアクチュエータに変更することで、デバイスのサイズを小さくできると同時に駆動音を消すことができると考えている。また現状、ぬいぐるみの関節の太さに合わせて取り付けるデバイスのサイズをユーザ自身が選択する必要があり、汎用的ではない。今後は、ぬいぐるみのサイズに合わせてリングのサイズが変

更可能なフレームを設計していく。ぬいぐるみの関節角度の認識手法としてフォトリフレクタを用いており、これは環境光の外乱による影響が出やすい。今後は、圧力センサや曲げセンサで代用可能か検討する。さらに、本デバイスが実現できる動作としては単純に屈曲させるだけであり、例えばこのデバイスを用いて表現豊かな動作を実現するためにはこれで十分とは言い難い。今後はぬいぐるみに捻り動作や伸縮動作をさせることができることが可能なデバイスの構造を検討していきたい。

6 まとめ

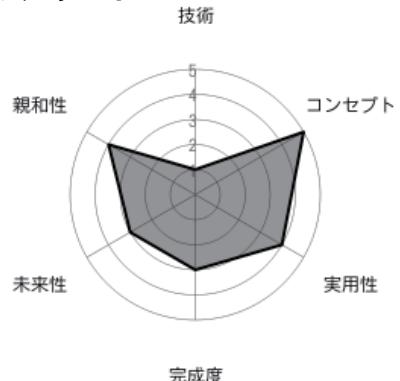
本稿では、一般的に市販されているぬいぐるみの手足や尻尾を駆動させるデバイス、PINOKYを紹介した。これは従来の埋め込みタイプのアクチュエータとは反対に、ぬいぐるみを外側から屈曲させることができるために、自分の大切にしているぬいぐるみを切り裂くことなくインラクティブなロボットに変換することができる。デバイスはリング形状をしており、バッテリー、計算機、モータ、センサなどが一つのモジュールになっているため、ユーザはプレスレッドのようにアクセサリ感覚でデバイスを取り付けることができる。本論文ではプロトタイプを作成し、このデバイスを用いて複数のアプリケーションを制作した。また、日本科学未来館においてワークショップを行い、初めてPINOKYを触った人でもぬいぐるみにデバイスを取り付け思い通りに駆動させることができることを確認した。今回のプロトタイプデバイスでは、サイズや着脱できるぬいぐるみの種類に制約があったため、今後はこれらを改善していきたいと考えている。

参考文献

- [1] C. Breazeal, C. Kidd, A. L. Thomaz, G. Hoffman and M. Berlin. Effects of Nonverbal Communication on Efficiency and Robustness in Human-Robot Teamwork. In *Proc. IROS '05*, IEEE (2005), pp. 708–713.
- [2] L. Buechley, M. Eisenberg, J. Catchen and A. Crockett. The LilyPad Arduino: using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education. In *Proc. CHI '08*, ACM (2008), pp. 423–432.
- [3] M. Coelho and J. Zigelbaum. Shape-changing interfaces. *Personal Ubiquitous Comput.* 15, 2 (February 2011), pp. 161–173.
- [4] S. Fukushima, Y. Hashimoto, T. Nozawa and H. Kajimoto. Laugh enhancer using laugh track synchronized with the user's laugh motion. In *Ext. Abst. CHI '10*, ACM (2010), pp. 3613–3618.
- [5] Furby (1998). <http://www.furby.com>.
- [6] M. Furukawa, Y. Uema, M. Sugimoto and M. Inami. Fur interface with bristling effect induced by

- vibration. In *Proc. AH '10*, ACM (2010), Article 17, 6 pages.
- [7] Y. Sugiura, G. Kakehi, A. Withana, C. Lee, N. Nagaya, D. Sakamoto, M. Sugimoto, M. Inami and T. Igarashi. Detecting Shape Deformation of Soft Objects Using Directional Photoreflectivity Measurement, In *Proc. UIST '11*, ACM (2011), pp. 509–516.
- [8] N. Koizumi, K. Yasu, A. Liu, M. Sugimoto and M. Inami. Animated paper: A toolkit for building moving toys, *Computers in Entertainment (CIE)*, ACM (2011), Volume 8 Issue 2.
- [9] S. Marti and C. Schmandt. Physical embodiments for mobile communication agents. In *Proc. UIST '05*, ACM (2005), pp. 231–240.
- [10] H. Osawa, R. Ohmura and M. Imai. Using Attachable Humanoid Parts for Realizing Imaginary Intention and Body Image, *International Journal of Social Robotics*, Vol.1, No.1, pp. 109–123.
- [11] K. Probst, T. Seifried, M. Haller, K. Yasu, M. Sugimoto and M. Inami. Move-it: interactive sticky notes actuated by shape memory alloys. In *Ext. Abst. CHI '11*, ACM (2011), pp. 1393–1398.
- [12] H. Raffle, A. Parkes and H. Ishii. Topobo: A Constructive Assembly System with Kinetic Memory. In *Proc. CHI '04*, ACM (2004), pp. 869–877.
- [13] H. Raffle, R. Wang, K. Seada and H. Ishii. Communiclay: a modular system for tangible telekinetic communication. In *Ext. Abst. CHI '11*, ACM (2011), pp. 233–242.
- [14] D. Sekiguchi, M. Inami and S. Tachi. Robot-PHONE: RUI for Interpersonal Communication. In *Ext. Abst. CHI '01*, ACM (2001), pp. 277–278.
- [15] W. Stiehl and C. Breazeal. Design of a Therapeutic Robotic Companion for Relational, Affective Touch. In *Proc. Ro-Man '05*, IEEE (2005), pp. 408–415.
- [16] H. Tsujita, K. Tsukada and I. Siio. SyncDecor: communication appliances for virtual cohabitation. In *Proc. AVI '08*, ACM (2008), pp. 449–453.
- [17] K. Wada and T. Shibata. Social effects of robot therapy in a care house - change of social network of the residents for two months. In *Proc. ICRA '07*, IEEE (2007), pp. 1250–1255.
- [18] 石川 達也, 長谷川 晶一：柔らかいぬいぐるみロボットの動作制御, 第20回エンタテインメントコンピューティング研究発表会, セッション EC19-13, 2011.
- [19] D. Winnicott. (1953). Transitional objects and transitional phenomena, *Int. J. Psychoanal*, 34, pp. 89–97.

アピールチャート



未来ビジョン

「もし自分が大切にしているぬいぐるみに命を吹き込むことができたら...」

映画ピノキオ（ディズニーによるアニメーション）では、子供がいないゼペットはピノキオが自分の子供だったらと星に願いをかける。するとブルー・フェアリーが人形ピノキオに生命を授ける。我々はこれにインスピライアされ、本デバイスにPINOKY（ピノキー）と名付けた。

ぬいぐるみは、幼児期において心理的安定にとって重要な価値を持つモノ・子供に母親の愛情や優しさの代理的満足を与えてくれるモノ（移行対象）となることがある[19]。著者もこの時期においては、ぬいぐるみ無しでは寝ることができず、ある時期がきて両親からこれを取り上げられたときは酷く混乱したものだ。著者以外にもぬいぐるみに対して特別な感情を持っている、もしくは以前は持っていた人は

少なくないだろう。これに命が吹き込まれ（ロボット化され）人とインタラクションをすることができるようになれば、単に懐かしいと感じるだけでなくインターフェースとしても馴染みやすいものになると考えている。我々は、新規にロボットを導入するよりも愛着を抱いているものがロボットになる方が、初期導入時に起こりうる心理的バリアを軽減できるだろうという仮説を立てている。特に年配の方は見たことも無いロボットを目の前にして恐怖心を持つだろう。

今回のプロトタイプではサーボモータを用いたためデバイスのサイズに課題があったが、理想形態としては「リボンのようにぬいぐるみに結びつけるとその部分が駆動する」ということを考えており、駆動していないときでもアクセサリとしてぬいぐるみに馴染むデバイスを目指している。