

ぬいぐるみの柔軟性を持った ロボティック・ユーザ・インタフェース (RUI) の構築

Development of Robotic User Interface having flexibility of stuffed animal

椎名美奈, 石川達也, 長谷川晶一

Mina SHIINA, Tatsuya ISHIKAWA and Shoichi HASEGAWA

電気通信大学 電気通信学研究科 知能機械工学専攻

(〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {shiina, ishikawa, hase}@hi. mce. uet. ac. jp)

Abstract : The stuffed animal exists naturally in daily life and is liked without reference to age or sex. The person comes to want to touch if he or she sees the fur of the stuffed animal. And, when the person touches it, can have further the attachment. It is thought that it is possible to use it as RUI by making the best use of this feature. However, touching feelings of the moving stuffed animal are hard. Then, this work aims at the development of the moving stuffed animal with the softness of it. The moving part is composed only of a soft material such as the cloth, cotton, the sponges, and strings, and driven with the string. In addition, we bundled the actuator in the body to make a hard part a minimum. Moreover, it is judged that the person touched the stuffed animal by measuring the tension change of the string and the stuffed animal can return the person the reaction.

Key Words: *stuffed animal, RUI, Flexible, String Actuation Mechanism*

1. はじめに

ロボットは主に製造現場等で人の代わりに危険な作業を行う目的や作業の効率化の目的で研究がなされてきた。それに対し近年ではロボットはより身近な存在になり、ペットロボットや案内ロボットといった家庭や公共施設など人間の傍で作業を行う人間共棲ロボットの研究が盛んに行われるようになった。こういったロボットは人間の傍で長時間働くという特徴を持つため、安全性以外に人間に対して親和的な印象を与えることが重要となる。そこで本研究では、人間共棲型ロボットとして、生活の中で存在に違和感がなく、触りたくなるという特徴を持つ「ぬいぐるみ」に着目した。ぬいぐるみとは、動物や特定のキャラクターなどをかたどった布を縫合し、綿などを内部に詰めたもので、老若男女、国を問わず多くの人に受け入れられている。ぬいぐるみの材料である布は、毎日人間が身につける衣服にも用いられていることから、人間にとって安心感や心地よいという感情を与えることができる素材であると言える。つまり、その布を使ったぬいぐるみは、人間に対し外見の親和性と触った時の安心感を与えることのできる姿であると考えられる。

また、ロボットの新しい概念としてロボットを実世界と情報世界のインターフェースとしてとらえる Robotic User Interface(RUI) が提案されている。実世界に対し入力と出

力を兼ね備えた実世界指向のユーザインタフェース環境を構築できると考えられている。

この 2 つの要素を兼ね備えたロボットとして、関口らによって開発された RobotPHONE[1] が挙げられる。また、毛皮で覆われたロボットとして、PARO[2] などが挙げられる。これらのロボットは柔らかいぬいぐるみのような外見をしているにも関わらず、芯を感じる触り心地であり、見た目のから想像する柔らかいぬいぐるみのイメージと大きく異なる。

そこで、本研究ではこの RUI として使用できるぬいぐるみの柔軟性を持ったぬいぐるみロボットを提案し、その要素である駆動装置とセンサを作成する。

2. ぬいぐるみロボットの提案

2.1 駆動方法

ぬいぐるみの駆動方法として、ワイヤ駆動を採用した。可動部が軽量かつ柔軟、またアクチュエータを駆動部から遠い位置におけるという特徴がある。このワイヤ駆動を用いたロボットとして、水内郁夫らによって開発された小太郎[3] が挙げられる。これは脊椎のあるロボットで、柔軟性や人間のような身体構造により、安全性と人間のような自然でしなやかな動作を実現している。また、オムロン株式会

社から特許出願されている「ロボットの動作用線材取り付け構造 [4]」は、ロボットの尻尾を線材の引っ張り弛緩動作を利用して安定よく動作させるというものである。本研究では糸を用いて駆動を行い、可動部の中心に硬い芯を入れないことにより可動部の柔らかい触感を実現した。

2.2 可動部の構造

今回目標とする動きを

- 腕を上げる
- 腕を曲げる
- 手先のみ動かす
- 首を動かす

とした。使用する材料は一般的にぬいぐるみを製作する際に使用される材料である糸、布、綿、スポンジ、ビーズを使用する。駆動の要である糸は、大きな荷重に耐えられる高密度ポリエチレンの釣り糸を使用する。この釣り糸は伸びにくく摩擦が少ないという特徴があるものを用いる。詰め物としては綿とスポンジを用いる。綿とスポンジはともに柔らかい素材であり、その特徴として復元力がある。それぞれを比較した結果、ばね定数は綿に比べスポンジの方が大きいという傾向がみられた。腕の動きを考えるために、この詰め物の復元力を考慮し、腕の構造のモデルを図1のように仮定した。

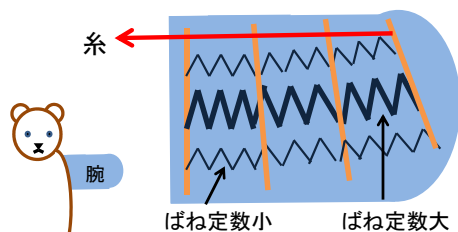


図 1: 横から見た時のぬいぐるみの腕のモデル

これは、腕の筒形状をリングの集合とみなし、そのリングの間を複数のばねが繋いでいる。このモデルから、部分的にばね定数の違う材料にすることで腕の性質を変えることができると考え、図4のように中心にスポンジを配置し、その周りを綿で囲む構造を考えた。中心のウレタンスポンジを綿で囲み、その表面に糸を這わせる構造とした。これは、ばね定数の大きなばねの周りをばね定数の小さなばねで囲んでいるといえる。中心のスポンジは周りの綿に比べ復元力が大きいため、糸を引いた時に腕全体が縮んでしまうのを防ぐ役割をしている。このモデルから目標とする腕の動きを実現する糸の配置を図2のように決定した。

図2(a)のように腕を上げる糸の配置は最も基本となる配置で、腕を上げる方向に対して垂直に糸を配置する。糸を引くと糸が縫ってある生地のみ縮み、結果的に腕が上がる。図2(b)の腕を曲げるのも同様の原理である。図2(c)は、手先を動かす糸の配置である。これは人間の肘のような関節を作ることができる糸の配置である。腕を曲げたい位置（肘

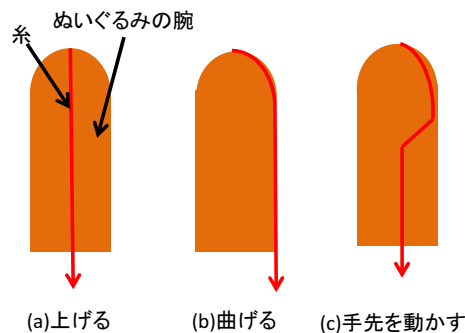


図 2: 左腕を上から見た時の糸の配置

になる部分)から糸を腕の中心に入れることで、糸を引いたとき腕の表面に沿っている部分の生地が縮んで、手先が曲がる。

また、首の動きを実現する糸の配置を図3のように決定した。引く糸は2本の選び方によって2自由度の動きが可能である。正面から見て、右の2本を引くと頭を右に傾け、左2本を引くと頭を左に向ける。さらに、対角の位置にある2本の糸を引くと頭を回転させることができる。

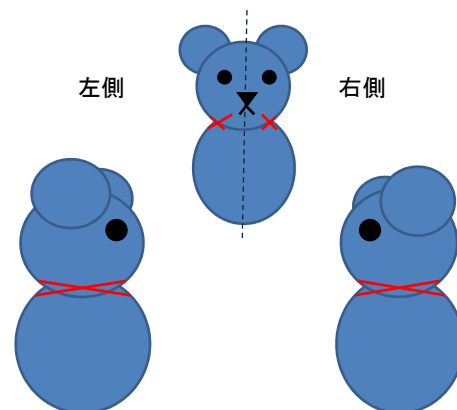


図 3: 首の糸の配置

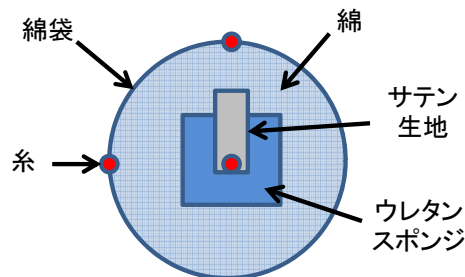


図 4: 綿袋の断面

さらに、他の要素も含めた腕の構造を図4のようにした。組み立てのしやすさを考慮し、綿袋の中に詰め物を入れ、その外側に糸を這わせるようにした。スポンジの中のサテン生

地はスポンジと糸の摩擦を軽減するためのものである。ぬいぐるみの腕として使用するときには、この綿袋の外側に透けた生地を被せ、さらにその外側を毛皮で覆うという構造にする。透けた生地は綿袋の糸の位置を目で見て調整しやすくするためのものである。



図 5: 腕の表面

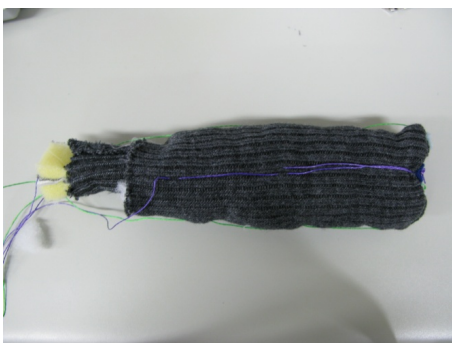


図 6: 綿袋

2.3 アクチュエータとセンサ

本研究で提案するぬいぐるみロボットは硬い部分を最小限にするため、アクチュエータなどを全て体幹部に集約する。そこで、図7のような装置を作成した。モータには糸が巻かれたプーリとガイドがついており、このモータを回転させることでぬいぐるみの腕の糸の長さを変化させる。モータの固定には、自作のモータマウントを使用した。また、今回選定したモータはギアが固く逆可動性がないため、ぬいぐるみの腕を人が触るなどして外力が加わった時、モータに付属のエンコーダの情報からそれを知ることができない。そこで、図8のように、糸を巻いた時にモータに加わる力に応じてモータマウントに開けた溝の距離が変化するようにした。

この溝にフォトリフレクタという発光素子と受光素子が一体となったセンサを置き、溝の距離変化を計測し、モータにかかる力の変化を測定できるようにした。また、この溝のフォトリフレクタと壁の間にスポンジを挟んだ。フォトリフレクタの発光部から出た光はスポンジ内の孔で乱反射して拡散する。モータマウントに力が加わった時モータ

マウントの溝の距離が短くなるためスポンジは潰され、回り込む光の量が減る。そのため、センサで受光する光は弱まり、回路からの出力電圧は徐々に上がるという性質を利用している。

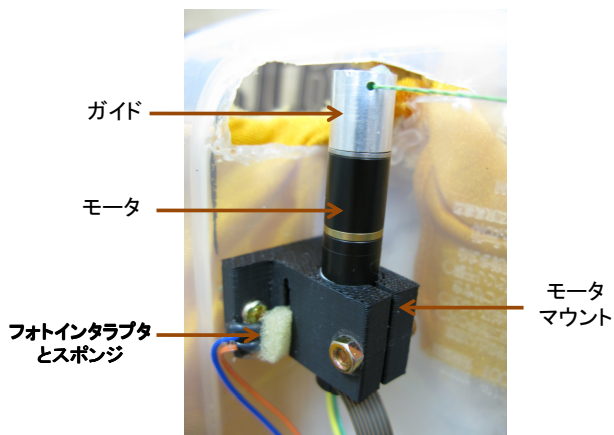


図 7: 体幹部に固定されたアクチュエータとセンサ

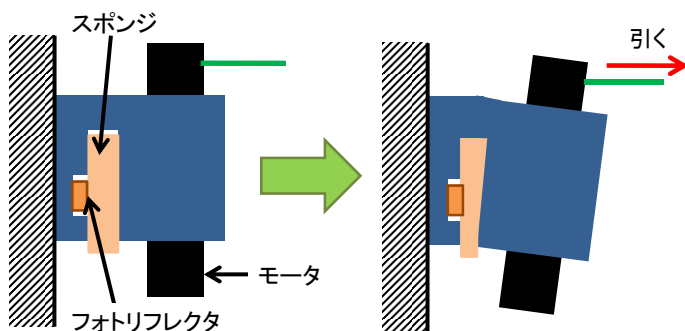


図 8: センサのしくみ

3. 実験

前章で提案した機構を用いて腕と首が動くぬいぐるみを製作した。また、今回は RobotPHONE の外装で使用されているクマのぬいぐるみを使用した。

3.1 動作実験

腕を上げる糸（モータ1）と腕を曲げる糸（モータ2）の2本の糸の長さを変化させて、三角形を描くように腕を動かした。図9にぬいぐるみの様子を、図10にそのときの糸の長さの変化を示した。図10の動作1から2で腕を曲げ、動作2から3で腕を曲げた状態で上に挙げ、動作3から5で腕を元の位置に戻した。

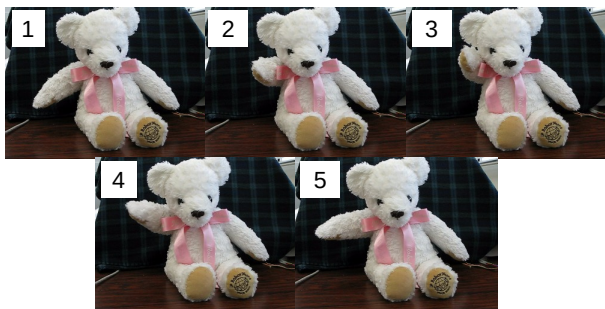


図 9: ぬいぐるみの腕の動き

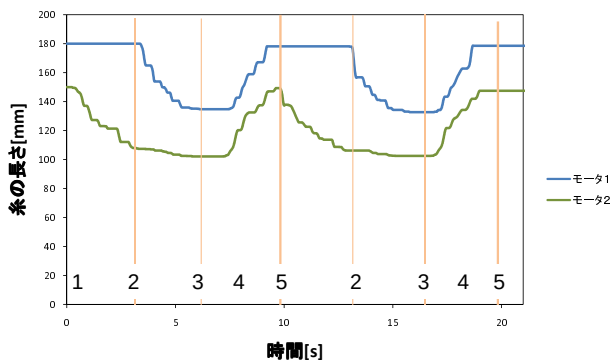


図 10: 腕で三角形を描いたときの糸の長さの変化

また、図 11 に首をかしげる・手を振る動作を示した。このとき、左腕を上げる糸、首を動かす糸の 5 本の糸を使用した。動作 1 で左腕を上げながら首を右にかしげ、動作 2 で初期状態に戻し、動作 3 で手を上げながら首を左に少し傾けるという動きを繰り返している。



図 11: 首をかしげる・手を振る

3.2 カセンサ実験

今回提案したカセンサシステムでぬいぐるみの腕に人が力を加えたことを検出できるかを調べた。ぬいぐるみが腕を上げる途中で腕を下に向かって押した。これを 3 回繰り返し、人が力を加えなかった時と加えたときのセンサからの出力電圧を比較した。その結果を Fig. 12 に示す。腕を

触った時の出力電圧の方が腕に力を加えなかったときに比べ大きいのが分かる。このことからこのセンサは人が力を加えたこと検出できると言える。

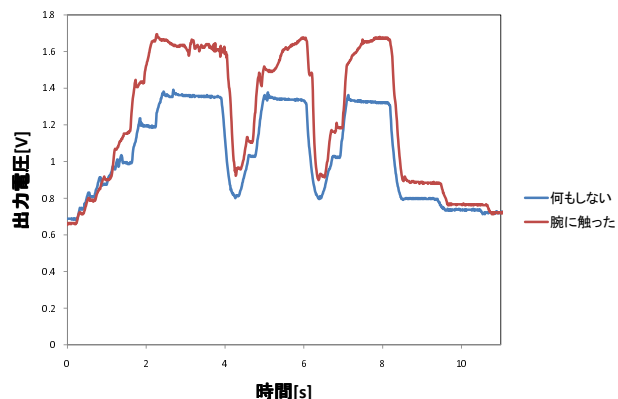


図 12: センサの出力電圧

4. おわりに

本研究では、RUI として使用できるぬいぐるみの柔軟性を持ったぬいぐるみロボットを提案し、その要素である糸駆動による動きとカセンサの評価を行った。今後の課題として、センサを用いて人からの働きかけに反応できるようにすること、なめらかに動くようなぬいぐるみの特性を生かした制御を行うこと、装置を小型化しすべてぬいぐるみの中に収めるといったことが挙げられる。

参考文献

- [1] Dairoku Sekiguchi, Masahiko Inami, Susumu Tachi, RobotPHONE: RUI for Interpersonal Communication CHI 2001, Extended Abstracts, pp. 277-278, 2001
- [2] Takanori Shibata, An Overview of Human Interactive Robots for Psychological Enrichment, PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol. 92, No. 11, pp1749-1758, 2004
- [3] I.Mizuuchi, T.Yoshikai, Y.Nakanishi, Y.Sodeyama, T.Yamamoto, A.Miyadera, T.Niemela, M.Hayashi, J.Urata, M.Inaba, Development of Muscle-Driven Flexible-Spine Humanoids, in Proceedings of 2005 5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids2005), pp.339-344, Dec., 2005.
- [4] オムロン株式会社, ホシデン株式会社, ロボットの動作線材取り付け構造, 特開 2003 - 136460, 2003.5.1 公開