

触感のよいぬいぐるみロボットの手足のための 柔軟な糸駆動機構の提案

Proposal of Flexible String Actuation Mechanism for Arm and Leg of Stuffed Animal Robot with Good Sense of Touch

○椎名 美奈（電通大） 長谷川 晶一（電通大）

Shiina MINA, The University of Electro-Communications, shiina@hi.mce.uec.ac.jp
Shoichi HASEGAWA, The University of Electro-Communications

This work proposes mechanism of stuffed animal robot having friendly face and soft sense of touch, that wants to touch by person and becomes it. Today, the robot that cohabits with man is actively researched. As the one, the stuffed animal loved by a lot of people regardless of the age, sex or the country was paid to attention. The stuffed animal robot of this research achieves seeming the stuffed animal it by softening the moving part. The actuator is brought together at the center of the stuffed animal robot's body. Its arm and leg consist of only soft such as cloth, cotton and sponge. The actuator is driven with string.

Key Words: Stuffed Animal Robot, Good Sense, Flexible, String Actuation Mechanism

1. はじめに

近年、家庭や公共施設などで人間と同居し、人間とコミュニケーションを行いながら、物理的作業支援を行う人間共棲ロボットの研究が盛んに行われている。こうしたロボットは、長時間人間の傍で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、人間共棲ロボットを考えるにあたり、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。柔らかいぬいぐるみのような外見をしたロボットとして、東京大学の関口らによって開発された RobotPHONE[1] や、産総研の柴田らによって提案されたメンタルコミットロボット 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、触り心地は硬く、柔らかいぬいぐるみのイメージを崩している。

そこで本研究では、触り心地のよいぬいぐるみロボットを実現するために、硬い部分を最小限にし、可動部に生地や綿などの柔らかい材料のみで構成された動くぬいぐるみの機構を提案する。

2. ぬいぐるみロボット

2.1 駆動方法

ぬいぐるみの駆動方法として、糸駆動を採用した。糸駆動とは糸によるワイヤ駆動のことで、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。これを用いることで、可動部の柔らかい触感を実現できる。

2.2 可動部の構造

今回目標とする動きを

- 腕を上げる（手を振る）
- 腕を曲げる（物を抱える）
- 手先のみ動かす（握手する）

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。駆動の要である糸には、切れにくく摩擦が少ないという特徴を持つ高密度ポリエチレンの釣り糸を使用する。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(a)のように仮定した。

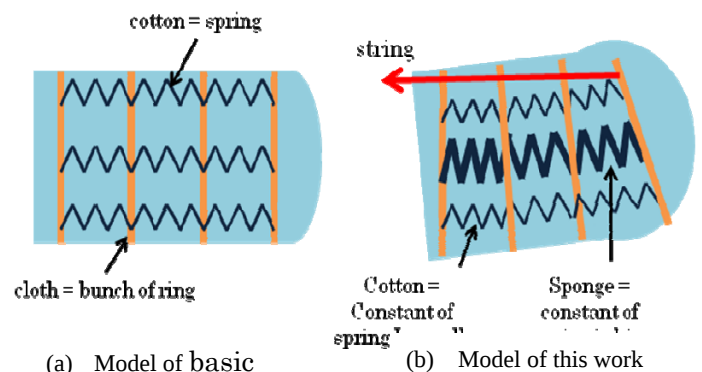


Fig.1 Model of stuffed animal's arm

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1(b)のような構造を考えた。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で、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

るような状態である。中心のスポンジは周りの綿に比べ復元力が大きいので、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動きを実現する糸の配置を図2のように決定した。手先を曲げる糸の配置は、手先部分は腕を曲げる糸の配置と同じように腕の内側を配置し、腕を曲げたい位置で糸を中心部分に入れる。このように配置すると糸を引いた時、糸は一直線になろうとするため、糸が中心に向かって腕を横断している部分の詰め物が縮み、この部分で曲がる。

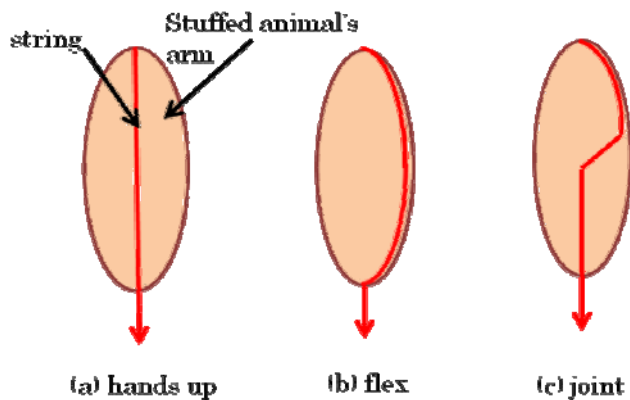


Fig.2 Design of string

さらに、他の要素も含めた腕の構造を図3のようにした。組み立てのしやすさを考慮し、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。本稿ではこの袋を綿袋と呼ぶ。糸が綿袋の中央を通る部分については、綿袋の中央のスポンジに切り込みを入れ、糸をサテン生地で巻いてから通している。これによりスポンジと糸の摩擦を軽減することができる。ぬいぐるみの腕として使用するときには、綿袋の外側に半透明の生地を被せ、さらにその外側にぬいぐるみの毛皮で覆う。半透明の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。また、可動部は綿など軽い材料を使用しているため、腕の先端におもりとしてビーズ入れ、腕を重力方向の初期位置に戻しやすくした。

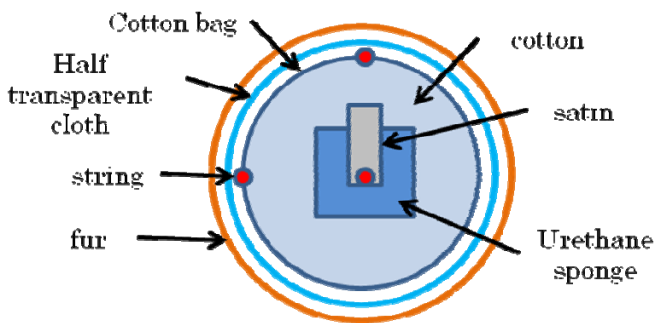


Fig.3 Cross section of cotton bag

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は全て体幹部に集約したい。そこで、図4のようなモータ箱をぬいぐるみ中央に配置した。

モータ箱内の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。モータは自作のモータマウントでモータ箱に固定されている。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出力からはそれを知ることができない。そこで、モータマウントに溝を作り、糸がモータに加える力によって溝の距離が変化するようにした。この距離の変化を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で計測し、モータにかかる力を測定できるようにした。フォトリフレクタによる距離計測の原理は以下の通りである。

まず、溝にはスポンジを挟んでおく。フォトリフレクタの発光部から出た光はスポンジによる拡散により回り込みフォトリフレクタの受光部に入る。モータマウントに力加わると、溝の距離が短くなりスポンジが潰され、回り込む光の量が減り、フォトリフレクタの出力が変化する。

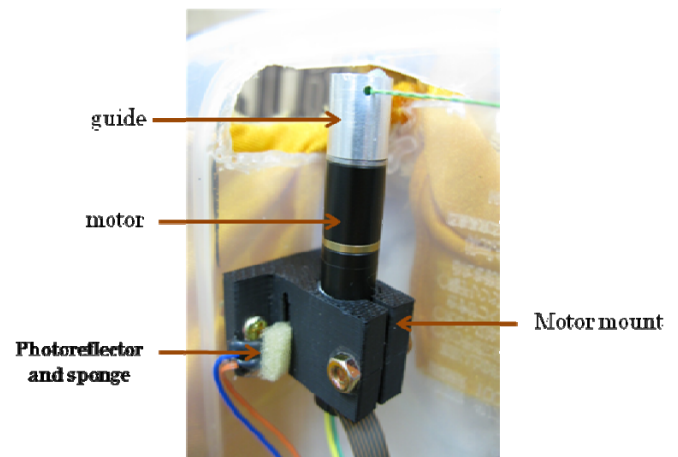


Fig.4 Actuator and sensor fixed stuffed animal's body

3. 実験

前章で提案した機構を用いて腕が動くぬいぐるみを製作した。今回はイワヤ株式会社より販売されているクマのぬいぐるみ型ロボット IPRobotPHONE の外装を使用してぬいぐるみを製作した。

3.1 動作実験

決定した糸の配置で目標とする動きが実現できるかどうかを検証した。

ぬいぐるみの腕を上げる糸（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5にぬいぐるみの様子を、図6にそのときの糸の長さの変化を示した。図6の動作1から2で腕を曲げ、動作2から3で腕を曲げた状態の上に挙げ、動作3から5で腕を元の位置に戻した。図5より、ぬいぐるみの腕が三角形を描くことができたといえる。

また、手先のみ動かすための糸の長さを変化させ、目的の動作が実現できるかどうか確かめた。このときの結果を図7に示す。図からわかるように、可動部には関節になるような硬い要素がないにも関わらず、肘から腕を曲げたかのような動きが実現できた。

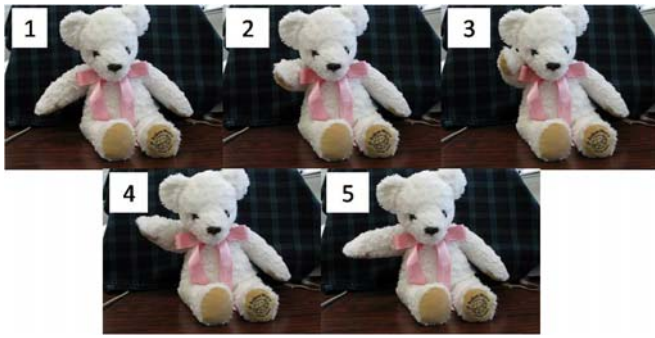


Fig.5 Stuffed animal's arm draft triangle

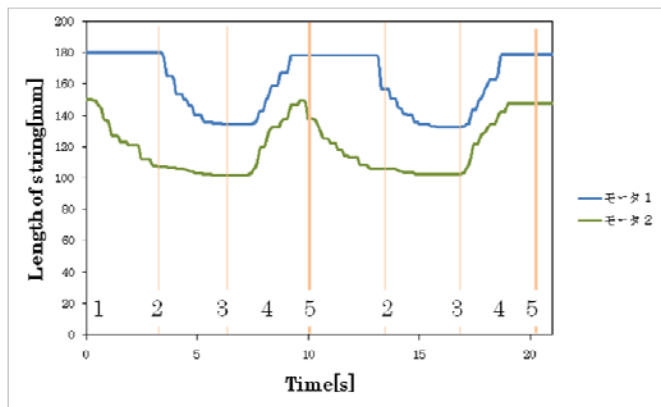


Fig.6 Length change of string to draft triangle

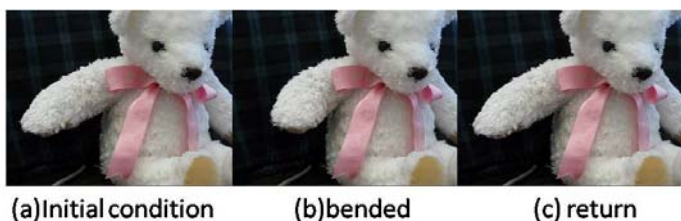


Fig.7 Stuffed animal flex arm

3.2 カセンサ実験

今回提案した力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。その結果を図8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。

3.3 触り心地の評価実験

本研究で提案したぬいぐるみが触り心地が良いと判断されるかをアンケートにより調べた。用意したぬいぐるみは、柔らかいぬいぐるみ、硬いぬいぐるみ、動くぬいぐるみ、ぬいぐるみ型ロボット、本研究のぬいぐるみの5種類で、女性3人、男性5人の計8人に対して調査を行った。結果を図9に

示す。この図から、本研究で提案したぬいぐるみは全ての被験者に2位または3位に選ばれたことがわかる。これより、今回提案したぬいぐるみは駆動装置が入っているにも関わらず触り心地がよいと判断された。また、硬いぬいぐるみとぬいぐるみ型ロボットの結果に注目すると結果が1位から5位に分散している。このことから、ぬいぐるみに対しての好みは人により大きく異なるということも言える。

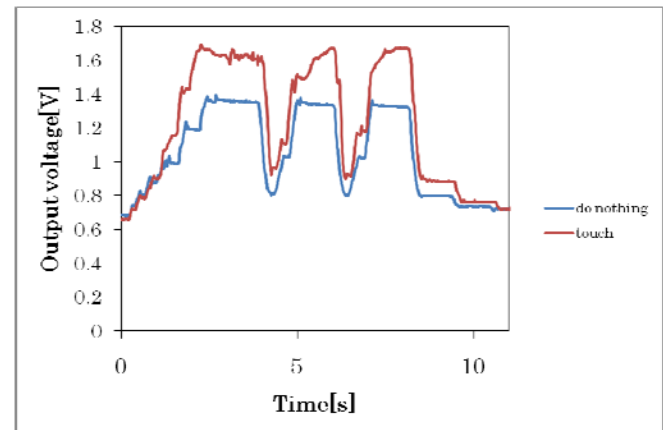


Fig.8 Output voltage of sensor

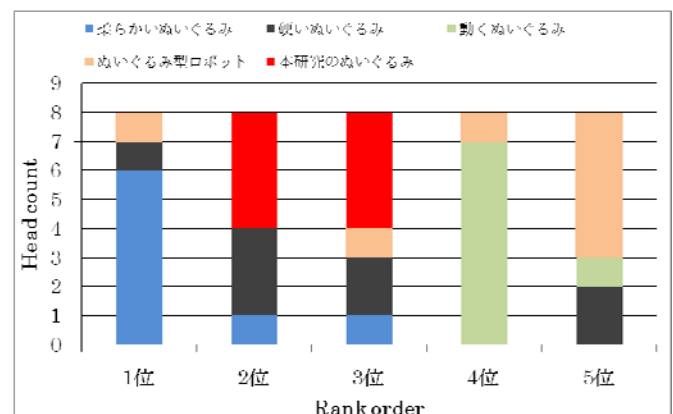


Fig.9 Questionnaire conclusion

4. おわりに

本研究では、触感のよいぬいぐるみロボットのための機構を提案し、その要素である糸駆動による動きと力センサの評価を行った。そして、本研究で提案するぬいぐるみロボットが人により触感である感じさせる可能性があることを示した。

今後の課題として、駆動装置を小型化し全てぬいぐるみの中に収め、ワイヤレスなぬいぐるみロボットを完成させ、このぬいぐるみロボットが人を癒す相棒のようなロボットにしていきたい。

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