

メッシュチューブとワイヤ駆動を用いたS字を描ける 装着型猫のしっぽデバイス

佐藤 大貴^{1,a)} 三武 裕玄^{2,b)} 長谷川 晶一^{2,c)}

概要: 意図, 感情の表現, コスプレといった自己表現, 身体拡張を行う猫の尻尾デバイスを提案する. 尻尾の駆動方法として糸駆動はしなやかな動作で生き物らしさを表現する事が可能であると同時に, 軽量なため装着型のロボットとしても適する. 一方で, 細長いものを糸駆動しようとするとう自重でねじれてしまい, 意図した動作ができない問題を持つ. そこで曲がりやすくねじれにくい性質を持つメッシュチューブを尻尾の芯の綿袋にかぶせて用いる. この機構により, 猫のしっぽのようにS字曲線を描く動作が可能な軽量の装着型ロボットを実現した.

Wearable cat tail device that can make S-shape using mesh tube and wires

SATO DAIKI^{1,a)} MITAKE HIRONORI^{2,b)} HASEGAWA SHOICHI^{2,c)}

Abstract: We propose a cat tail device that can indicate intentions and emotions, do self-expressions such as cosplay, and extend human body. String drive can move the tail elastic like an animal, and suitable for wearing device due to its lightness. However, long and narrow things twist when driven by string, and cannot move the tail as expected. To resolve this problem, we cover tail core (made by cotton bag) with a mesh tube which is flexible but uneasily to twist. By this mechanism, we realized wearable robot which is light and make S-shape like a cat tail.

1. はじめに

動物の尻尾は様々な役割を担っている. 例えば, カンガルーやチーターは体を支えるためのバランスーとして, クモザルはものを把握するため, 犬や猫は感情や意図を表現するため, 等に用いているとされている. 一方, 人間は進化の過程で尻尾を失っているが, 文化表現としてヒトが擬似的な尻尾を装着したり, 尻尾のあるマンガやアニメのキャラクターがデザインされたりしている [11]. 猫を題材とした演劇 [12] では, より役に入り込むための衣装として, アニメ等では感情や意図の表現, 可愛さの表現に用いられる



図 1 左: [11] より猫を模したキャラクター
右: [12] より猫の役

Fig. 1 Left: Catgirl from [11] Right: Actor of a cat from [12]

(図 1). また, コスプレといった自己表現にも用いられる. コンピュータ技術を用いて, エンタテインメント目的であったり自分の意図, 感情を表現する試みとして, 人が装

¹ 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻
神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 R2-626

² 東京工業大学 精密工学研究所
神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 R2-624

a) dsato@haselab.jp

b) mitake@pi.titech.ac.jp

c) hase@pi.titech.ac.jp

着できる尻尾型デバイスが複数存在する。これらは装着者の動きや筋電、脳波などを入力とし装着者の状態や意図、感情を示すものとして尻尾の動きが出力される。しかし、これらのデバイスでは、現実での猫やアニメでの猫を擬人化したキャラクターなどに見られるような、細長い尻尾をクネクネとしなやかに動かすといった表現が困難である。原因として、関節の駆動によく用いられるサーボモータのトルクとサーボモータの大きさのトレードオフが挙げられる。より高度な表現を行うためにはより多くの関節、つまりより多くのサーボモータが必要となるが、その分だけ尻尾自体の重量が増えてしまう。これを補うためには強いトルクのサーボモータを用いる必要があるが、そのようなサーボモータは一般に大きくなってしまいうため、尻尾が不自然に太くなってしまふ。

細長くも表現力豊かに動かせる装着型尻尾デバイスが実現できれば、演劇や意図、感情表現においてより高い効果や自然さが得られると考えられる。そこで本稿では、軽量と多関節を両立できるワイヤ駆動と、ワイヤ駆動における駆動対象の捻じれの問題をメッシュチューブを用いることで改善し、そのような装着型尻尾デバイスの作成を行う。

2. 関連研究

身体の拡張に関する研究は数多くなされている。視覚の拡張では、Higuchiらは、ユーザーの頭の動きに追従する無人航空機(UAV)で取得した映像をヘッドマウントディスプレイを通じてユーザーにみせることで、直感的な視覚のテレプレゼンスを実現した[1]。肢の拡張では、塚田らはロボットアームを手や腕で操作するのではなく口腔内動作により制御することでロボットアームを第三の腕として活用する手法を提案した[2]。PrattichizzoらやWuらは、人間の腕に装着しユーザーの手の動きと協調して動作する第6の指、及び第7の指としてロボットアームを制御することで、本来片手では持てないものを把持したり、片手では行えない作業を可能とした[3][4]。

尻尾型デバイスを装着し、エンタテインメントであったり自分の意図や感情を表現を試みる作品や研究もいくつか存在する。シリフリンはユーザーの腰の動きに連動して動作する尻尾型デバイスである[13]。shippoはユーザーの脳波を取得してリラックス状態と集中状態を尻尾を用いて表現するとしている[14]。また、氏間らは臀部筋肉の筋電位変化を入力として尻尾を動かすことでユーザーが直感的に尻尾を動かす、自己表現や感情表現を可能とするデバイスを作成した[5]。

本稿では、身体拡張の中でも尻尾に着目し、従来の尻尾型デバイスでは行えなかった、猫の尻尾のように細長く多彩な表現力を持つ動作を行うための機構を提案する。アクチュエータを多く使用しつつ尻尾自体を軽量化し、さらに生き物らしいしなやか動作を実現するため、Yacobsenら

の多自由度ロボットハンド[10]や高瀬らの柔軟なロボットアーム機構[6]、オムロン株式会社の「ロボットの動作用線材取付構造[7]」等で使用されているワイヤ駆動を用いる。ワイヤや流体による駆動はアクチュエータと可動部の場所を切り離し、硬いアクチュエータ部分を集約できるため柔軟駆動機構としてよく用いられており、本稿での尻尾自体の軽量化や柔軟な動作にも適している。このような柔軟駆動機構として、Mazzolaiらの、タコの足の構造を模した伸び縮み可能な編みヒモとSMAアクチュエータと糸による骨格の無い柔軟機構[8]や、Shepherdらの、シリコンゴムでできた足を空気圧で膨らませて屈曲させることで歩行移動可能な柔軟ロボット[9]等が挙げられる。

本稿では、装着を簡単にするためにデバイスを軽量にしつつ、尻尾を駆動出来るだけの力を出力でき、かつ生き物らしさを損なわないよう静音であることが望ましいためワイヤ駆動を採用した。

3. 提案機構

3.1 関節機構

高瀬らは、2本の駆動糸を用いて2段階に屈折するアーム機構を提案している[6]。図2のように、柔軟な尻尾機構部の外側に糸を通し、それを引っ張ることで尻尾を運動させる。このとき駆動糸1のみを引っ張ると図3上のように尻尾の先端部分が曲がり、駆動糸2のみを引っ張ると図3左下のように尻尾の根本部分が曲がり、両方の駆動糸を引っ張ると図3右下のように尻尾は全体的に曲がる。この駆動糸1, 2を引っ張る力を調整することで様々な関節の動きを実現できる。



図2 2本の駆動糸の配置

Fig. 2 Positions of two strings



図3 駆動糸を引いている様子。

Fig. 3 Situations of pulling strings

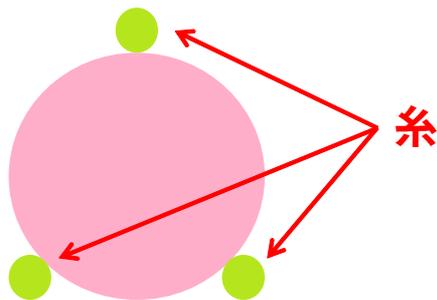


図 4 尻尾デバイスの断面

Fig. 4 Section of the tail device

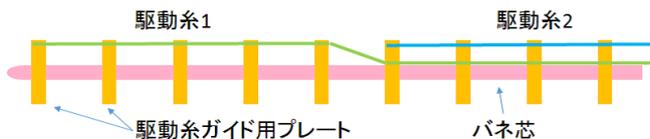


図 5 提案機構の概略図

Fig. 5 Overview of proposal mechanism

そして、この2本1組の駆動糸を図4のように尻尾の円周上に3セット、合計6本配置し適切に制御することでS字を描く等様々な動きを表現することが可能となる。

柔軟な尻尾機構部は、手触りや掴んだ時の感覚の良さの点から[6]と同様に布袋に綿を詰めて構成することが望ましいが、本稿ではユーザーの装着の負担を低減するために軽量のDCモータを使用しているため、低トルクでも動作するよう尻尾部分を図5のように細長いバネの芯に糸を駆動するためのガイドとなるプレートを取り付け、より軽量の構成とした。

3.2 捻じれ防止機構

細長い柔軟物を糸駆動により運動させようとする時、対象が捻れてしまい意図したように動かすことが困難である。ゆえに、尻尾部分は曲がりやすく、ねじれにくい構造である必要がある。そこで、本稿ではバネ芯を細長い綿袋にメッシュチューブ(図6)を被せて作成した。メッシュチューブは曲がりやすく、捻れにくい性質を持つ。図7左のように、メッシュチューブを被せていない状態では意図しない方向に捻れが発生してしまうが、図7右のように被せている状態では糸を引いた方向にバネ芯が曲がる。



図 6 メッシュチューブ

Fig. 6 mesh tube



図 7 左:メッシュチューブをつけていない状態で糸を引いた様子
右:メッシュチューブを付けた状態で糸を引いた様子

Fig. 7 Left: Pull string without mesh tube covered
Right: Pull string with mesh tube covered

4. デバイス試作

提案機構の試作を行った。デバイス及び装着している様子を図8に示す。試作デバイスは、前章での尻尾機構に加え、フェイクファー、モータ駆動回路、バッテリー、固定用ベルトから構成される。このデバイスは、制御用PCから無線通信により各モータの角度を指定し、モータ駆動回路がその指令値に従い糸を駆動することで尻尾の動作を行う。前章の関節機構で述べたように、合計6本の糸を適切に配置し制御することで尻尾を左右上下に振るだけでなく、図3のような関節の表現(図9)や、図10のように従来デバイスでは困難だった、上向きにS字を描くといった動作も可能である。

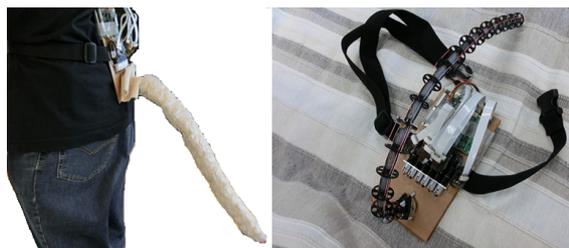
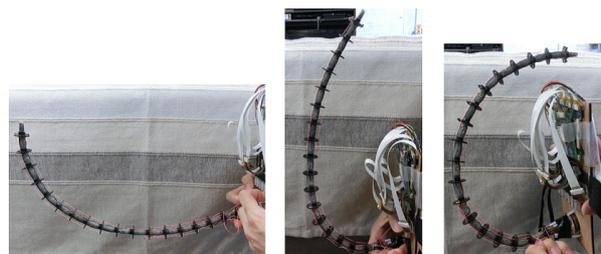


図 8 試作デバイスの外観図

Fig. 8 Overview of the prototype device



駆動系1を引く

駆動系2を引く

駆動系1, 2を引く

図 9 試作デバイスの駆動糸を引いた様子

Fig. 9 Pulling strings of the prototype device



図 10 S字を描いている様子
Fig. 10 Keeping in S-shape

5. 今後の課題

5.1 手触りの改善

本稿での尻尾機構では、前述したように細いバネ芯のまわりにプレートを取り付けている。このプレートは固いので、尻尾を触った時に角ばったような感覚を与えてしまう。そのため、尻尾内に空気を充填する等柔軟性と触り心地の良さを持ちつつ軽量の機構を作成する必要がある。

5.2 ユーザーの意図、状態の取得

現在の試作デバイスでは、あらかじめ用意してあるモーションデータの通りに動作するのみとなっている。ユーザーの意図や感情を表現するには [5][13][14] のように、ユーザーの動きや筋電等を取得し尻尾の動きとして出力できるようなシステムを構築する必要がある。

6. まとめ

本稿では、ワイヤ駆動とメッシュチューブを用いることにより従来のデバイスでは困難だった、猫の尻尾のような細長くしなやかで多彩な運動をする尻尾機構を提案した。また、提案機構のデバイスを試作し、その尻尾が上向きにS字を描く等表現力豊かに運動できることを確認した。この提案機構により、擬似尻尾を用いた意図や感情表現、可愛さの演出などがより多彩で説得力のあるものになると考えられる。今後は、尻尾部分を触り心地、握り心地の良い機構に改善し、ユーザーの意図、感情を入力とし尻尾の動きとして出力できるようなシステムを実装していきたい。

7. 参考文献

参考文献

- [1] HIGUCHI, Keita; REKIMOTO, Jun. Flying head: a head motion synchronization mechanism for unmanned aerial vehicle control. In: CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2013. p. 2029-2038.
- [2] 塚田峻介, et al. 1A1-B03 口腔内の動作を用いたロボット

アーム制御用インタフェースの開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2009, 2009.

- [3] PRATTICHIZZO, Domenico, et al. The Sixth-Finger: A modular extra-finger to enhance human hand capabilities. In: Robot and Human Interactive Communication, 2014 RO-MAN: The 23rd IEEE International Symposium on. IEEE, 2014. p. 993-998.
- [4] WU, Faye Y.; ASADA, Harry. Bio-Artificial Synergies for Grasp Posture Control of Supernumerary Robotic Fingers. 2014.
- [5] 氏間可織, et al. A53 義尾: 退化した機能を取り戻すための身体拡張. インタラクション 2015 論文集, 2015
- [6] 高瀬裕, et al. 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. 2013.
- [7] オムロン株式会社, ホシデン株式会社, ロボットの動作用線材取り付け構造, 特開 2003 - 136460, 2003.5.1 公開
- [8] MAZZOLAI, B., et al. Soft-robotic arm inspired by the octopus: II. From artificial requirements to innovative technological solutions. Bioinspiration & biomimetics, 2012, 7.2: 025005.
- [9] SHEPHERD, Robert F., et al. Multigait soft robot. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108.51: 20400-20403.
- [10] JACOBSEN, Stephen C., et al. Design of the Utah/MIT dextrous hand. In: Robotics and Automation. Proceedings. 1986 IEEE International Conference on. IEEE, 1986. p. 1520-1532.
- [11] 吉田玲子; 東京ミュウミュウ, 講談社, 2000 年
- [12] 劇団四季ミュージカル CATS: 入手先 <<http://www.shiki.jp/applause/cats/>>
- [13] クワクポリョウタ: 入手先 <<http://www.mot-art-museum.jp/exhibition/cyberarts/ja/artist.html>>
- [14] neurowear: 入手先 <http://neurowear.com/projects_detail/shippo.html>