

ビーズロボット：ビーズ細工の特性を利用したアクチュエータの研究

理学専攻・情報科学コース 辰田 恵美

1 はじめに

ビーズ作品はビーズとテグスを用いて作るアート作品であり、ビーズでアクセサリや小物を作ることは、世界中の幅広い世代で親しまれている。また、ネックレス、ブレスレットなどのビーズアクセサリを身につけたり、置物などのビーズ小物を机に飾って楽しむことは多い。

これらの作品は、ビーズという固いものと、テグスという柔らかいものの組み合わせによって多様な形が作られる。テグスの代わりに形状記憶合金を通すことで、外観を阻害せずにビーズの形状に応じた多彩な動きが実現できると考えた。

本研究では、ビーズ手芸の新しい可能性としてビーズ小物に多様な動きをつけて楽しめるビーズロボットを提案する。また基本的なアクチュエータパーツの試作を行い、ビーズロボットのプロトタイプを作成した。

2 ビーズアクチュエータ

ビーズロボットの基本となるパーツを「ビーズアクチュエータ」と名付け、その試作を行った。

2.1 バイオメタル

本研究では、基本となるアクチュエータとして、トキコーポレーション¹のバイオメタルを利用した。バイオメタルを直接様々なビーズに通すことで、ビーズの物理的形狀に応じた動き方を作ることができる。

バイオメタルとは、形状記憶合金を加工して作られたワイヤーで、電流を流すと収縮する細い繊維状のアクチュエータである。通常は、柔らかくナイロンの糸のようにしなやかだが、電流を流すとピアノ線のように強靱になり、強い力で収縮する。バイオメタルにはBMF（バイオメタルファイバー）とBMX（バイオメタルヘリックス）の2種類がある。BMFは細線状で、力はあるが変位は全長の5%程度と少ない。BMXはコイル状で、力はないが変位は全長の100%~200%程度と大きい。本システムでは、多様な動きを実現するために、変位が大きいBMXを採用した。

2.2 5つ穴ビーズアクチュエータ

ビーズアクチュエータとして最初に5つ穴のものを試作した。

5つ穴ビーズアクチュエータは4本の短い竹ビーズと、1本の長い竹ビーズの組み合わせを1単位として構成される（図1）。1本の長い竹ビーズの周囲に4本の短い竹ビーズを固定する。

次に、5つ穴ビーズを横に連ね、中央のビーズに導線を、周囲の短い竹ビーズにバイオメタルを通す（図2）。ここでは見やすいように導線とバイオメタルに色を付けて示している。中央の紫が導線、上下（オレンジ、緑）がバイオメタルとなっている。

ここで一方のバイオメタルに電流を流すとバイオメタルが収縮し図3のように曲げることができる。ビーズ

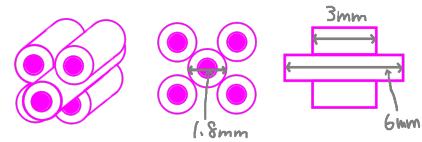


図1: 5つ穴ビーズ（左図）、断面図（中央）、横断面図（右図）

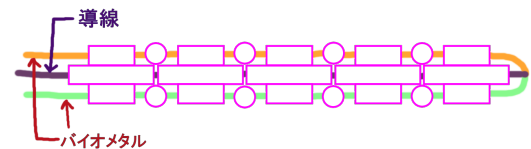


図2: ビーズアクチュエータのデバイス構成

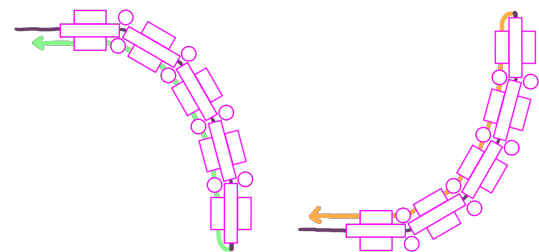


図3: 緑の方に電流を流した場合（左図）、オレンジの方に電流を流した場合（右図）

ズアクチュエータは、4本のバイオメタルを使うことで、4方向の曲げ伸ばしを制御する。

2.3 3Dプリンタビーズアクチュエータ

一方、3Dプリンタを利用することでビーズの形状を様々に設計することができる。そこで図4、図5に示す2種類のビーズを3Dプリンタで成形し、ビーズアクチュエータを試作した。

図4は、5つ穴ビーズの改良版である。よりなめらかな動きを実現させるため、接触部分を曲面にしている。これをテグスを用い手動で実験したところ、なめらかに挙動することが確認された。これは前述の竹ビーズを用いて作成したものは、動作のたびに噛みあわせが微妙に変化し動きにむらがあるが、3Dプリンタで設計して作成したビーズを使用した場合、接触部分がなめらかなカーブになっているため動きが安定するためと考えられる。

図5は曲がると同時に回転するアクチュエータのためのビーズである。ただ曲がるだけでなくバイオメタルの伸び縮みにあわせビーズアクチュエータが少し回転することによりカメがはうような前進運動が可能になると考えた。これは中央に軸として導線を通し、右上に動力としてバイオメタルを、左下には縮んだバイオメタルを元に戻すときのアシストとしてゴムテグ

¹トキコーポレーション株式会社
<http://www2.toki.co.jp/biometal/index.php>



図 4: 5つ穴ビーズ (改)

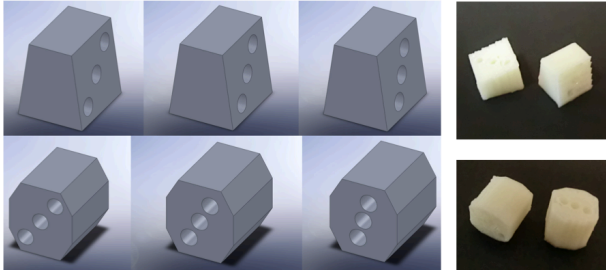


図 5: 3 D プリントによる試作

スを通して使用する。穴の位置を少しずつ中央に寄せることによりビーズが回転することを狙い、左のビーズから右上と左下の穴が徐々に中央に寄るように設計した (図 5)。

今後はこの 3 D プリントで作成したものを用い実験をしていきたいと考えている。

3 ビーズロボット

ビーズアクチュエータの応用として、ビーズアクチュエータを尾に組み込んだネコ型のビーズロボットを作成した。ビーズアクチュエータによる尾は 4 方向に曲げることができ、さまざまなネコの尾の動きを表現することが出来る。

ビーズロボットは、外装となるネコ型の本体をビーズとテグスで編みあげており、胴体内に制御部 (Arduino Fio, XBee, 充電電池) を組み込んだ (図 6)。各バイオメタルはトランジスタを介して、Arduino Fio の PWM (Pulse Width Modulation) ポートに接続されている。制御部は XBee を介してホスト PC に接続する。さらに、ホスト PC 上のソフトウェアを用いて、ビーズアクチュエータを無線経路で操作できる (図 7)。

次に、ビーズアクチュエータの挙動について示す。ビーズアクチュエータに電流を流すと、5~10 秒程度で 90 度程度曲がり、電流を止めると、2~3 秒程度で元に戻る。また、バイオメタルに電流を流した状態で、逆側のバイオメタルに同様の電流を流すと、2~3 秒で元の位置に戻ることが確認された。なお、ビーズアクチュエータの制御には前述のように PWM 機能を用いることで、曲がり具合や速度も調整できるようになっている。

今後は 3 D プリントで作成したビーズを用い、よりなめらかな動きの実現とカメのような手足が動き歩行するロボット等を作成していきたいと考えている。

4 関連研究

手芸作品にアクチュエータを用いた研究に、ぬいぐるみロボット [1] がある。また、形状記憶合金をアク

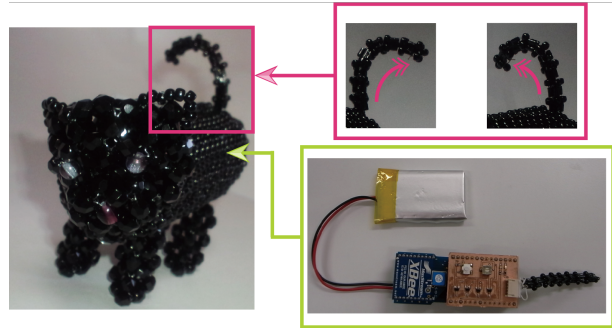


図 6: ビーズロボットのプロトタイプ



図 7: システム図

チュエータに使った研究には、曲げられる布で環境制御やコミュニケーションを行う研究 [2] や、ペーパーロボット [3] がある。また、テクノ手芸部²では、電子工作と手芸を組み合わせ、新しいクラフトを提案している。

これらの研究に対して本研究では、歯車等を使わずにビーズの物理的形状を利用して、アクチュエータの動作を制約する点が特徴となっている。

5 まとめ

動力として形状記憶合金を用いたビーズアクチュエータを試作した。

このビーズアクチュエータをネコ型のビーズロボットのしっぽ部分に組み込んだ。

また様々な試作品を経て、3 D プリントでより効率的な動きをする 5 つ穴ビーズと、回転を加えることにより新たな動きを狙ったビーズを設計した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご助言、ご指導いただきましたお茶大アカデミックプロダクションの塚田浩二氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 椎名美奈, 石川達也, 長谷川晶一: 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, 日本バーチャルリアリティ学会第 13 回大会論文集 (2008 年 9 月)
- [2] Coelho, M. and Maes, P. Shuttters: A Permeable Surface for Environmental Control and Communication, in the 3rd Tangible and Embedded Interaction Conference (TEI'09). (Cambridge, UK, 2009).
- [3] Greg Saul, Cheng Xu, Mark D Gross: Interactive Paper Devices: End-user Design and Fabrication, TEI2010 pp.205-212, (2010)

²テクノ手芸部: <http://www.techno-shugei.com/>