

BioMetal ツールキット: バイオメタル学習用ツールキットの開発

中安 翌^{1,a)}

概要: バイオメタルやソフトアクチュエータの制御を学習するためのツールキットを開発した。本ツールキットでは、バイオメタルの動作実験、3 種類のソフトアクチュエータの制御実験、各種センサーによるインタラクティブシステムの実験を行えるなど、学習用教材としてのシステム構成としている。Arduino 用のシールドとして開発することで、既存の開発環境に追加するだけで学習環境を整えることができる。

BioMetal Toolkit: Development of a Toolkit for BioMetal Learning

AKIRA NAKAYASU^{1,a)}

Abstract: In this research, we developed a toolkit for learning biometal and soft actuator control. This toolkit is structured to facilitate learning, supporting a variety of activities including behavioral experiments on biometals, control experiments on three types of soft actuators, and interactive system experiments using a range of sensors in combination with a breadboard. It was developed as a shield for Arduino and can be added to existing systems to quickly build learning environments.

1. はじめに

近年、STEM 教育や EdTech など、科学技術を学ぶ教育や教育にテクノロジーを活用する動きが活発化している。工学系や情報系の専門教育としてだけでなく、初等教育の科目として立ち上げるなど、国家レベルの技術水準、教育水準の向上において、教育とテクノロジーの融合は重要な戦略として位置付けられている。このような流れの中で、プログラミング教育、電子回路教育、ロボット教育のための様々な教材開発が進められている。

本研究は、ソフトロボティクス分野のアクチュエータについて学習するためのツールキット開発を行うものである。ベースとなる駆動源にはトキ・コーポレーション株式会社が開発、販売しているバイオメタルファイバーを選択した。バイオメタルファイバーは電流により制御可能であり、ソフトアクチュエータに用いられることの多い空気圧と比較してエアコンプレッサを準備する必要がないなどの

利点がある。一方で、バイオメタルファイバーの扱いには工作経験と高い電流の制御を行うための知識が必要なものもあり、それらの初学者が制作物に取り入れることは難しい面がある。そこで、我々がこれまでにいくつかの実験を重ねて開発した技術 [1], [2] を応用することで、短時間にソフトアクチュエータの制御実験を体験できるツールキットを開発した (図 1)。

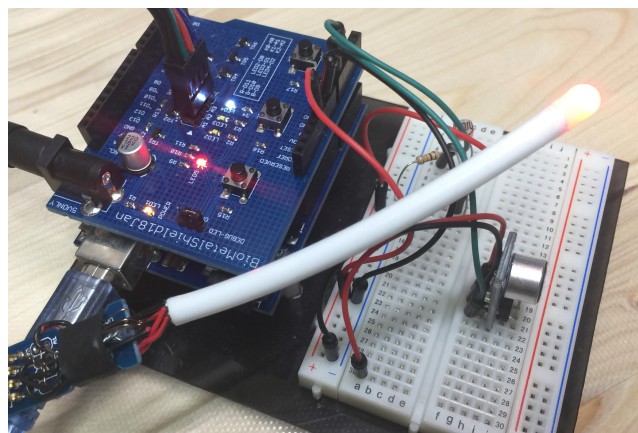


図 1 BioMetal ツールキット

¹ 金沢美術工芸大学
Kanazawa College of Art
^{a)} akira@nakayasu.com

2. 関連研究

ソフトロボット分野では、シリコン素材をプリントできる 3D プリンターや特殊な液体を通电により気化させる空気圧アクチュエーション等、様々な要素技術が開発され発展を続けており、そのようなソフトロボット分野の裾野を広げるための教材開発も進んでいる。

ハーバード大学の Biodesign Lab は、同グループが研究してきたソフトアクチュエータの製造方法や制御方法をウェブサイト上 [3] に公開している。ERATO 川原万有情報網プロジェクトでは、ソフトロボットの制作方法を動画レシピとしてウェブサイト上 [4] に公開している。

Xue ら [5] は、本研究と近いバイオメタルファイバーを利用したソフトアクチュエータと Arduino を用いたキネティックドレスのためのツールキットを発表している。Xue らのシステムは、衣服の装飾を動かすことを目的として、軽量化と電池による駆動を前提としているため単純な比較はできないが、本ツールキットでは、バイオメタルファイバー自体の動作実験、先端 LED 付ソフトアクチュエータの制御実験、ブレッドボードと組み合わせることで各種センサーによるインタラクティブシステムの実験を行えるなど、学習用教材としての位置付けのシステム構成としている。

3. BioMetal ツールキット

3.1 ツールキットの構成

- Arduino (ピン配置が UNO 互換のもの)
- BioMetal シールド
- バイオメタル動作実験キット
- ソフトアクチュエータ 3 種
- アクチュエータ接続コネクタ, ケーブル
- ブレッドボード
- 各種センサーと電子部品
- AC アダプタ (5V)

3.2 BioMetal シールド

バイオメタルファイバーに印加する電流制御のための電子回路を、フィジカルコンピューティングデバイスとしても普及率の高い Arduino のシールドとして開発した (図 2)。シールド上に、高電流制御用電子部品、タクトスイッチ、動作確認用 LED、外部電源用 DC ジャックが実装されている。

3.3 バイオメタル動作実験キット

3.3.1 バイオメタルファイバー用

ベースとなる基板とバイオメタルファイバーを接続した 2 つの基板で構成される (図 3)。接続用コネクタとケーブルにより BioMetal シールドと接続する。BioMetal シール

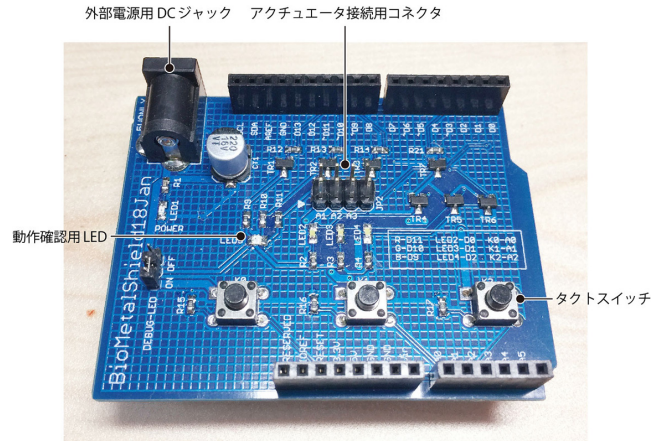


図 2 BioMetal シールド

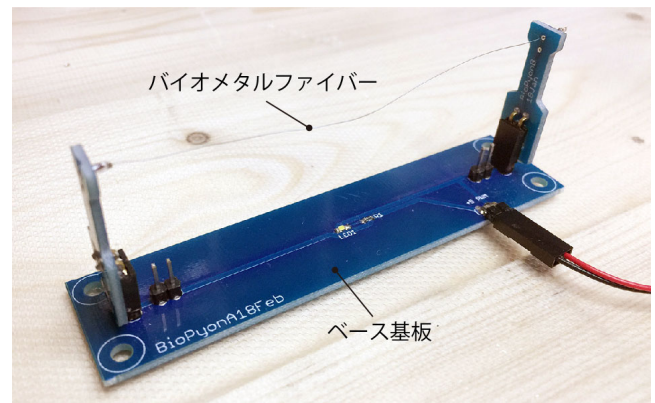


図 3 バイオメタル動作実験キット (バイオメタルファイバー用)

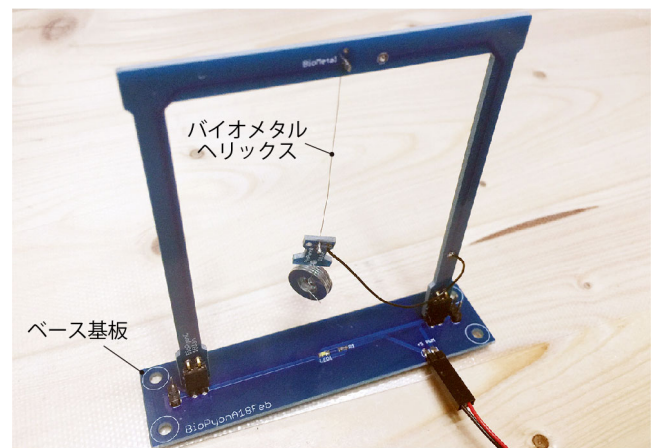


図 4 バイオメタル動作実験キット (バイオメタルヘリックス用)

ド上のタクトスイッチを ON/OFF することで、バイオメタルファイバーの伸縮動作を確認することができる。

3.3.2 バイオメタルヘリックス用

バイオメタルファイバーの実験で使用したベース基板をそのまま利用して上部基板を交換することでバイオメタルヘリックスの実験装置に変更することができる (図 4)。BioMetal シールド上のタクトスイッチを押すことで重りを引き上げる動作を行い、バイオメタルヘリックスの伸縮動作を確認することができる。

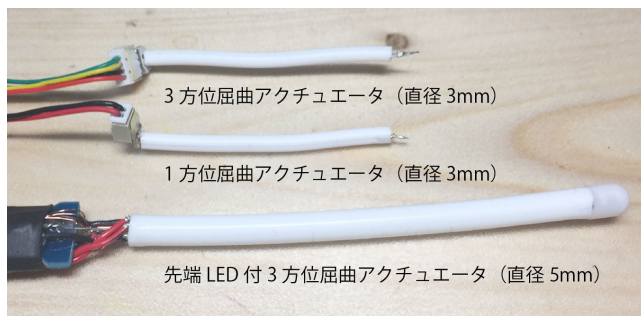


図 5 ソフトアクチュエータ 3 種

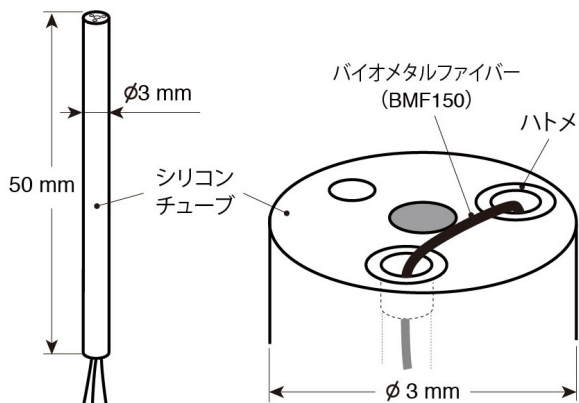


図 6 1 方位屈曲アクチュエータ (直径 3mm)

3.4 ソフトアクチュエータ 3 種

様々な作品制作に対応できるように太さや屈曲性能の異なる 3 種のアクチュエータを準備している。アクチュエータはコネクタによって BioMetal シールドと脱着することができる。延長ケーブルと接続して作品等に取り付けることができる。

3.4.1 1 方位屈曲アクチュエータ (直径 3mm)

直径 3mm で断面に 4 個の穴が空いたシリコンチューブに 1 本のバイオメタルファイバーを通したアクチュエータ (図 6)。電流制御によって 1 方位に屈曲することができる。BioMetal シールドは本アクチュエータを 3 本同時に制御することができる。

3.4.2 3 方位屈曲アクチュエータ (直径 3mm)

直径 3mm で断面に 4 個の穴が空いたシリコンチューブに 3 本のバイオメタルファイバーを通したアクチュエータ (図 7)。電流制御によって 3 方位に屈曲することができる。BioMetal シールドは本アクチュエータを 1 本のみ制御することができる。

3.4.3 先端 LED 付 3 方位屈曲アクチュエータ (直径 5mm)

直径 5mm で断面に 7 個の穴が空いたシリコンチューブに 3 本のバイオメタルファイバーを通したアクチュエータ (図 8)。電流制御によって 3 方位に屈曲することができる。本アクチュエータは、Luminescent Tentacles [2] のアクチュエータを改良したもので、先端にフルカラー LED

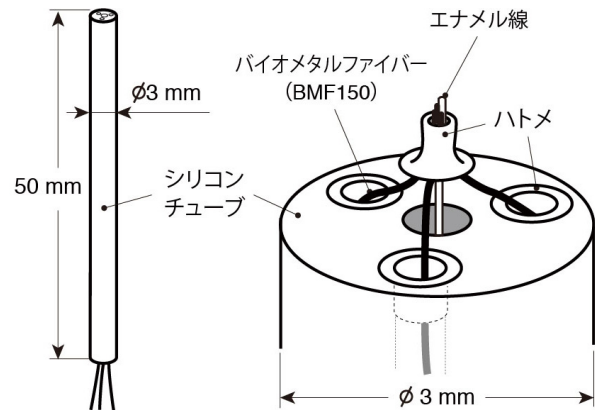


図 7 3 方位屈曲アクチュエータ (直径 3mm)

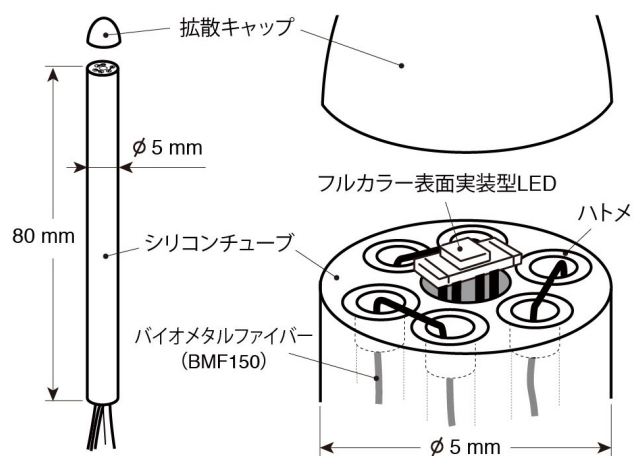


図 8 先端 LED 付 3 方位屈曲アクチュエータ (直径 5mm)

を実装している。BioMetal シールドは本アクチュエータを 1 本のみ制御することができる。

4. 制御実験例

4.1 Arduino プログラミング

Arduino のプログラム (スケッチ) では特別なライブラリは必要なく、指定のポートに対して通常の LED 制御と同様に ON/OFF や PWM (パルス幅変調) 制御を行うことで駆動することができる。動作確認用 LED がシールド上に実装されているため、アクチュエータを外した状態でもプログラムのデバッグを行うことができる。

4.2 タクトスイッチによる動作実験

シールド上の 3 個のタクトスイッチを利用した以下の 2 つの機能のプログラムを用意している。

- スイッチを押した時に屈曲、離した時に復帰する
 - スイッチを押すとゆっくり屈曲後、ゆっくり復帰する
- これらは基礎的な動作実験であるが、自らスイッチを押すタイミングでソフトアクチュエータの動作性能を体験することができる (図 9)。

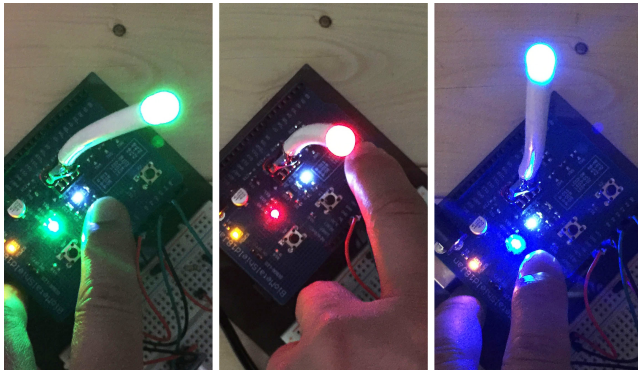


図 9 タクトスイッチによる動作実験

4.3 各種センサーによる動作実験

現時点では、光センサーと ECM（エレクトレットコンデンサマイク）を用いたプログラムを準備している。

光センサーとの組み合わせでは、光センサーに手をかざして暗くすることでアクチュエータが屈曲する。カメラ画像の解析などを利用しなくても、手を近づける行為に反応するインタラクティブな動作を行わせることができる。

ECM との組み合わせでは、ECM に息を吹きかけることでアクチュエータが屈曲する。息を吹きかけると反応する生き物のような表現を実験することができる。

5. まとめと今後の展望

本研究では、Arduino の開発環境にシールドとして追加するだけで、バイオメタルやソフトアクチュエータの制御を学習できるツールキット開発を行った。Arduino のラピッドプロトタイピングとソフトアクチュエータの動作実験を組み合わせることで、メディアアート作品のプロトタイピングなどに利用できるのではと考えている。Arduino のみを用いた電子回路のプロトタイピングと比較しても、アウトプットとして生物的な動きが可能なアクチュエータを用いれば、初等教育での利用においても参加者のモチベーションを向上させるツールになると考える。

今後の開発計画として、制御用電子回路については、バイオメタルの抵抗値も計測可能にしてフィードバック制御による駆動を実現する。アクチュエータへの接触センシングを可能にする。ペーパークラフトにアクチュエータを取り付けることでペーパークラフトロボットを簡単に制作できる教材開発など、教材のバリエーションを増やしていく。バイオメタルファイバーだけでなく、バイオメタルヘリックスを利用した教材開発を行う。

本ツールキットを利用したワークショップを開催して、参加者からのフィードバックを取り入れながら継続的に発展させていく。ワークショップ開催に合わせて本ツールキットの技術情報を掲載したウェブを公開する予定である。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金若手研究 18K18171 の支援を受けている。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1] Nakayasu, A.: Waving Tentacles: A System and Method for Controlling a SMA Actuator, *ACM SIGGRAPH 2014 Posters*, SIGGRAPH '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 24:1–24:1 (online), DOI: 10.1145/2614217.2630571 (2014).
- [2] Nakayasu, A.: Luminescent Tentacles: A Scalable SMA Motion Display, *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '16 Adjunct, New York, NY, USA, ACM, pp. 33–34 (online), DOI: 10.1145/2984751.2985695 (2016).
- [3] Harvard Biodesign Lab: Soft Robotics Toolkit (online), available from (<https://softroboticstoolkit.com/>) (accessed 2018-07-05).
- [4] JST ERATO Kawahara Universal Information Network Project: Open Soft Machines (online), available from (<http://opensoftmachines.com/>) (accessed 2018-07-05).
- [5] Xue, M., Ohkubo, M., Yamamura, M., Uchiyama, H., Nojima, T. and Friedman, Y.: Development of a Toolkit for Creating Kinetic Garments Based on Smart Hair Technology, *Proceedings of the 2016 Symposium on Spatial User Interaction*, SUI '16, New York, NY, USA, ACM, pp. 177–177 (online), DOI: 10.1145/2983310.2989182 (2016).