

SMA アクチュエータ制御回路の小型化とキネティックサーフェースシステム開発

中安 翌^{1,a)}

概要：本研究では、これまで開発してきたキネティックサーフェースシステムの構成要素である SMA アクチュエータの制御回路を小型化することで、システム全体的大幅な薄型化を実現した。ベースとなる分配基板、制御回路、アクチュエータユニットは脱着可能として、輸送時の分解、組み立てや故障時の交換へ対応する他、アクチュエータの増減を容易に行えるスケーラブルなシステムとして設計を行った。カフェテーブル上部への実装や壁掛けシステムが構築可能となり、幅広いアプリケーションへの発展が見込める。

1. はじめに

本研究で扱うキネティックサーフェースシステムのように、実体の構成要素の動きを取り入れたデバイスは、近年のヒューマンコンピュータインタラクションやロボット研究の分野において、Actuated Surface, Physical Display, Substantial Display, Shape Display, Organic User Interface, Shape Changing Interface 等、様々な名称やコンセプトのもとで発表されている [1]。

我々は、構成要素が柔らかく屈曲する SMA (Shape-Memory Alloy, 形状記憶合金) アクチュエータを用いて、システム全体で波間に漂うイソギンチャクの触手のような動きの表現を実現することを目標に幾つかの実験を重ねてきた [2], [3]。ここでは、その最新成果を報告する。

本研究で紹介するシステム (図 1) では、特にアクチュエータを制御するための電流制御回路の小型化を行なっている。これまでのシステムと比較して大幅な小型化と薄型化を実現すると同時に、Arduino ベースの制御回路の採用、アクチュエータユニットを脱着可能とするなど、汎用的で自由度の高いシステムとして設計することで、キネティックサーフェースの様々なアプリケーション開発を見込めるシステムを目指している。

2. キネティックサーフェースシステム

2.1 システム概要

本システムはアクチュエータユニットと分配基板で構成される。我々が 2016 年に発表した Luminescent Tentacles

[3] と同様に、1 本のアクチュエータに対して 1 個のマイコンを実装する分散処理システムを構築したことで、数千本のアクチュエータであっても滑らかな動きの制御が可能である。それぞれのアクチュエータ制御のための制御信号には照明制御用プロトコルである DMX512 を採用しており、各アクチュエータをナンバリングすることで動きや光を個別に指定することが可能である。

2.2 アクチュエータユニット

図 2 のように、アクチュエータユニットは SMA アクチュエータを取り付けたアクチュエータ基板部分と電流制御回路基板部分で構成される。それぞれを脱着可能とすることで、アクチュエータの故障時にアクチュエータ基板のみの交換や運搬時の取り外しに対応することができる。また、アクチュエータと基板を密着して取り付けすることで省スペース化を実現している。

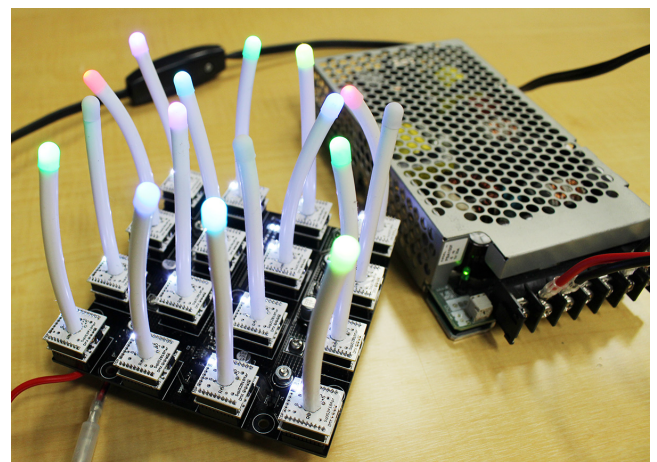


図 1 キネティックサーフェースシステム

¹ 金沢美術工芸大学
Kanazawa College of Art

^{a)} akira@nakayasu.com

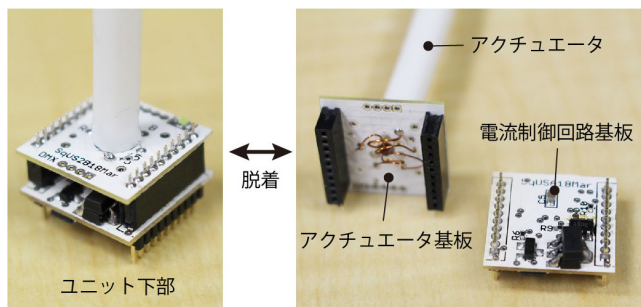


図 2 アクチュエータユニット

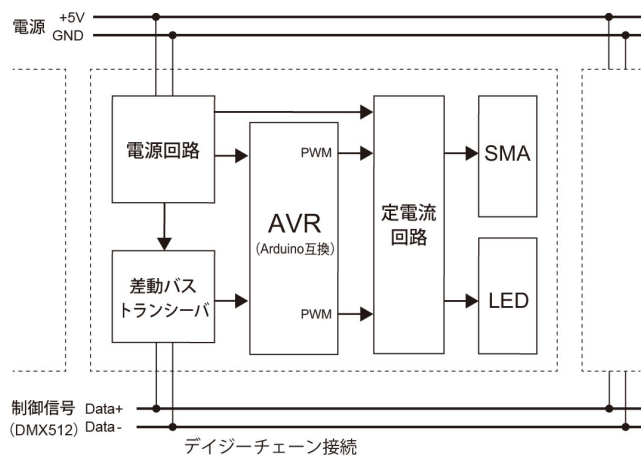


図 3 電流制御回路ブロック図

2.2.1 SMA アクチュエータ

本アクチュエータは、Luminescent Tentacles [3] 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 を実装している。アクチュエータの駆動にはバイオメタルファイバーと呼ばれる形状記憶合金線材の伸縮動作を利用して、3 本のバイオメタルファイバーの電流制御によって 3 方位に屈曲することが可能である。

2.2.2 電流制御回路

電流制御回路はマイコン、定電流制御用部品、差動バストランシーバで構成される (図 3)。Luminescent Tentacles [3] の電流制御回路を部品から見直すことで、これまでの 110mm × 30mm から 16mm × 16mm への小型化を実現した。マイコンは、これまでの PIC から AVR へ変更して Arduino 互換とすることで、ファームウェアの開発サイクルを早めることに成功している。

2.3 分配基板

1 枚の分配基板にはアクチュエータユニット 16 個を取り付けることができる (図 4)。複数の分配基板を使用する場合は、それぞれを 2 線の信号線の中継することで、全てのアクチュエータに対して制御命令を送ることができる。この方式により、アクチュエータの増減を容易に行うことが可能なスケラブルなシステムを実現している。

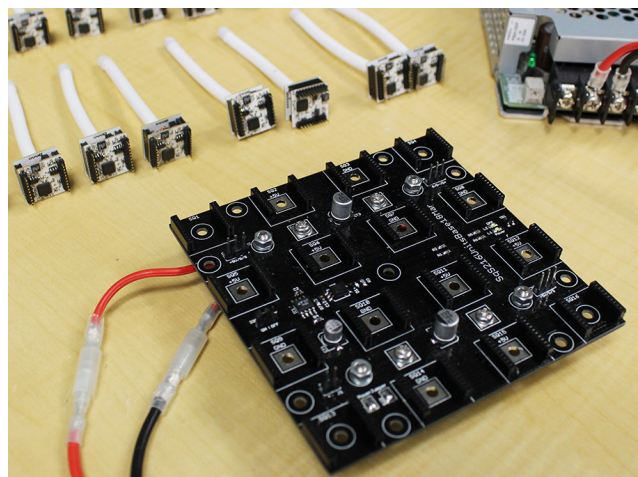


図 4 取り外したアクチュエータユニット (左上) と分配基板 (右下)

3. システムの発展可能性

本システムは理論上無限のアクチュエータを実装することができる。制御信号プロトコルには DMX512 だけでなく、機器や API を介することで Art-Net や OSC (Open Sound Control) 信号からも制御可能である。有線、無線を問わず、PC やスマートフォンアプリケーションと連携したシステムや PC を介さずにスタンドアロンで動作するシステムの構築も可能である。今回の開発により、これまでのシステムと比較して大幅な薄型化と設計自由度の高いシステムを実現できたため、カフェテーブル上部への実装、壁面全体に実装した大型のインタラクティブウォールなど、幅広いアプリケーション制作の可能性が広がった。

さらに今後の計画として、今回のような平面型だけでなくフレキシブルな表層へも実装可能なシステムへと改良を行い、曲面や複雑な立体形状表層へ実装した立体キネティック表現の研究に発展させていきたいと考えている。

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] Qamar, I. P. S., Groh, R., Holman, D. and Roudaut, A.: HCI Meets Material Science: A Literature Review of Morphing Materials for the Design of Shape-Changing Interfaces, *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, New York, NY, USA, ACM, pp. 374:1–374:23 (online), DOI: 10.1145/3173574.3173948 (2018).
- [2] 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).
- [3] 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).