

可食アクチュエータ

第4報 — 羊腸膜を用いたバルーン機構の構成 —

○西村 礼貴, 藤本 敏彰, 鉄井 光, 藤田政宏, 野村 陽人, 高根 英里, 小松 洋音,
多田隈 建二郎, 昆陽 雅司, 田所 諭 (東北大学)

Edible Actuator 4th Report – Constitution of the Balloon Mechanism with Sheep Intestine

○Ayaki NISHIMURA, Toshiaki FUJIMOTO, Hikaru TETSUI,

Masahiro FUJITA, Akito NOMURA Eri TAKANE, Hirone KOMATSU

Kenjiro TADAKUMA, Masashi KONYO, and Satoshi TADOKORO (Tohoku Univ.)

Abstract: This paper discusses about measurement of mechanical characteristics of the edible actuator which is mainly made of gelatin and proposes the edible sucker which is one of the edible mechanical components. First, relationship between input air pressure and output force of the edible actuator is measured by the experiment. Then the edible sucker is developed and its basic adsorption capability is confirmed by the suction experiment.

Keyword: Mechanism, Edible, Torus Extension

1. はじめに

1. 1 可食ロボティクス

ソフトロボットはその柔軟性により複雑な力制御を行うことなく、接触対象の形状に適応できるため、医療・福祉分野における応用を目指した研究が長年行われている[1]-[3].その中でも摂取や血液内への注入が可能なロボットに関する研究が近年行われ始めている[4]-[6].

筆者らは前報にて、可食素材で構成された新しい概念の消化可能な可食アクチュエータを考案し、これまでにゼラチンを主材料とした空気圧で膨張・収縮可能なバルーン式アクチュエータを具現化している[7]. これまでに図 1 に示すように、バッグ型膨張アクチュエータ以外にも、吸盤、ペローズを可食駆動素子として試作してきた.本研究では、新たに構成したトーラス状の構造に関するものである.

1. 2 生体を実体として活用したロボット研究における位置づけ

本研究では、これらの可食要素の研究開発において、ゼラチン以外の素材の活用の観点から、天然ケーシングとしての羊腸膜を用いて図 2 に示すようなバルーン状のアクチュエータを構成するという内容に取り組む.

生体を活用する学術分野の観点からも、図 3 に示すように、生体の幾何的な 3 次元構造をそのまま活用す



図 2 : 羊腸を用いたトーラスバルーンアクチュエータの試作機

るといふ例は我々の知る限りまだない.そのため、本研究は、可食ロボティクスの観点からのみならず、生体組織を活用するロボット研究の中でも、他と異なる位置づけの研究であると考え.

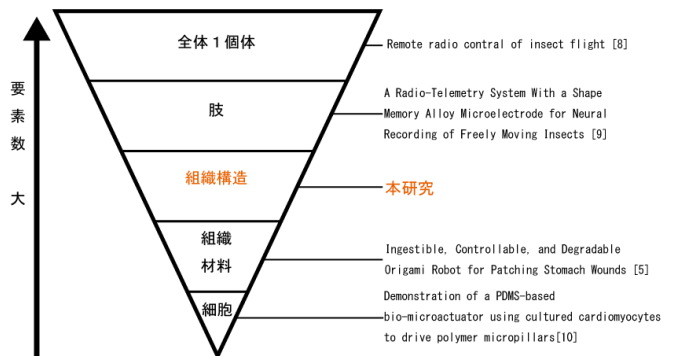


図 3 : 生体を活用するロボティクス研究分野における、本研究の位置づけ. [生体構造要素 (天然ケーシング) を用いる.]

(a) Bag Type (a) Sucker Type (c) Bellows Type

図 1 : 各種可食アクチュエータ

2. 羊腸（天然ケーシング）を用いたアクチュエータ

2. 1 試作機の構成

端部を自己締結した構造で、もう方端部に作動流体を送り込むための配管を接続してある構造を有する。

2. 2 より均一な作製のために

より均一にアクチュエータを作製するためには、一旦片方の端部を締結した箇所を基準として、定位置にくびれを有するチューブに対して、アクチュエータの軸方向の長さにあたる一定距離で天然ケーシングをかぶせ、くびれ部分にて締結するという方法が考えられる。直径・厚み・湾曲具合などの個体差が天然ケーシングには存在するため、本差に対する対処法は今後の課題となる。

3. 実機試作および簡易実験

3. 1 実機試作

前節までで説明した天然ケーシングとしての羊腸を用いたアクチュエータを試作した。試作機の外観を図2に示す。また、その仕様として、直径値は最大で約20mm、軸方向長さは約100mmである。膜厚は約0.05mmで、生体としてのばらつき具合や、膜そのものの強度も含めた特性測定の実施はこれからの段階となる。

今回は、まず原理的に、膨張と収縮が天然ケーシングを用いて可能であるか、また、物体の保持などが可能であるかの確認のため、簡易的ではあるが、試作機を構成し、実験により基本的な膨張・収縮機能を有するかどうかの確認を行った。図4に被茹前のアクチュエータの動作の様子、図5に、瓶保持動作の様子、また、図6-8に茹処理の様子、茹処理有のアクチュエータの外観、および動作の様子をそれぞれ示す。



図4：被茹なし版実機の動作の様子，2段階駆動

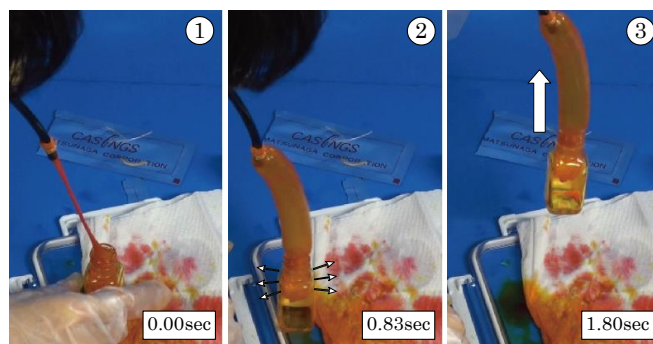


図5：被茹前のアクチュエータによる瓶の保持。

3. 2 実機動作

図5に示すように、瓶開口部からアクチュエータを封入し、保持することが可能であることを確認した。内部圧力と保持力の関係など、詳細な特性に関しては今後引き続き計測していく予定である。



図6：被茹による変化の様子

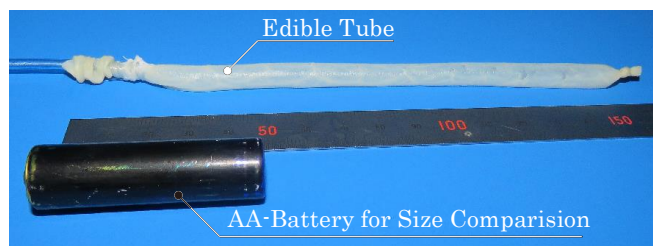


図7：被茹後のアクチュエータ外観

また、可食性の検討は必要であるが、内部に低沸点の液体を封入することにより、体内温度に応じて駆動するタイミングを変えることができるアクチュエータを構成することが可能となる。

今後は、チューブ構造を巻き取り式にすることによる直動アクチュエータの構成、内部に粉体をつめてジャミング転移現象により可変剛性にする直動剛性切り替え構造の構築、および、外力によるバルーン内部の変

化を見ることによる可食センサとしての活用や、金箔を用いることによる可食電気回路の構成なども視野に入れて研究開発に取り組む。

4. まとめ

本稿では、まず、天然ケーシングとしての羊腸を用いたバルーン型アクチュエータに関して考案し、実機を試作してその基本的挙動を実験により確認した。トーラス型の構造により半径方向の膨張動作の後に伸展動作を行うという 2 段階駆動のアクチュエータとなることから、少自由度で段階的ながらも、多様な動作が期待される。

謝辞

本研究は総務省 異能 vation プログラムの支援を得て行われました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1]S. Hirose et. al, “The Development of Soft Gripper for the Versatile Robot Hand”, Mechanism and Machine Theory, Vol.13. No.3, pp.351-359, 1978.
- [2]生田幸士ら, “形状記憶合金アクチュエータの開発 (材料特性の計測と能動内視鏡の開発)”, 日本ロボット学会誌, Vol.5, No.2, pp.87-101, 1987.
- [3]鈴森康一ら, “流体駆動ソフトメカニズムの設計”, 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.6, pp.484-487, 2011.
- [4]L. D. Chambers et.al, “Biodegradable and edible gelatin actuators for use as artificial muscles”, Proc. of SPIE, Vol.9056, 2014.
- [5]S. Miyashita et.al, “Ingestible, Controllable, and Degradable Origami Robot for Patching Stomach Wounds”, IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 2016.
- [6]J. C. Breger et.al, “Self-Folding Thermo-Magnetically Responsive Soft Microgrippers”, ACS Appl. Mater. Interfaces, Vol.7, No.5, pp.3398-3405, 2015.
- [7]小松洋音, 高根英里, 藤田政宏, 野村陽人, 多田隈建二郎, 昆陽雅司, 田所諭, “可食アクチュエータ”, 第34回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1X1-01, 2016.
- [8]H.Sato et al, “Remote radio control of insect flight”, Frontiers in Integrative Neuroscience, 5, October, 2009.
- [9]S.Takeuchi et.al, “A radio-telemetry system with a shape memory alloy microelectrode for neural recording of freely moving insects”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Volume 51, Issue 1, January 2004.
- [10]Y.Tanaka et.al, “Demonstration of a PDMS-based bio-microactuator using cultured cardiomyocytes to drive polymer micropillars”, Lab Chip, 6, pp.230-235, 2006.
- [11]細井ら, “気液相変化マイクロアクチュエータの試作”, 日本機械学会第73 期通常総会講演会論文集 (IV), pp67-68, 1997.
- [12]堂田ら, “低沸点流体で駆動される封筒型アクチュエータの試作”, フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.94-96, 2014.
- [13]中原ら, “電気回路と一体で印刷可能なアクチュエータによる動的インターフェイス及びロボットの試作”, 情報処理学会全国大会, 4ZA-04, 2017.