

## 伸縮式トーラス駆動機構

### Expanding Torus Driving Mechanism

○藤本敏彰<sup>(1)</sup>, 西村礼貴<sup>(1)</sup>, 鉄井光<sup>(1)</sup>, 藤田政宏<sup>(1)</sup>, 野村陽人<sup>(1)</sup>,  
高根英里<sup>(1)</sup>, 小松洋音<sup>(1)</sup>, 多田隈建二郎<sup>(1)</sup>, 昆陽雅司<sup>(1)</sup>, 田所諭<sup>(1)</sup>

○Toshiaki Fujimoto<sup>(1)</sup>, Ayaki Nishimura<sup>(1)</sup>, Hikaru Tetsui<sup>(1)</sup>, Masahiro Fujita<sup>(1)</sup>, Akito Nomura<sup>(1)</sup>,  
Eri Takane<sup>(1)</sup>, Hirone Komatsu<sup>(1)</sup>, Kenjiro Tadakuma<sup>(1)</sup>, Masashi Konyo<sup>(1)</sup>, Satoshi Tadokoro<sup>(1)</sup>,

(1) 東北大学

(1)Tohoku University

キーワード

機構 (Mechanism), 伸縮トーラス (Torus Extension), 全方向移動 (Omnidirectional)

連絡先 〒980 - 8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01

東北大学大学院情報科学研究科 応用情報科学専攻 藤本敏彰

Tel : 022-795-7025 Fax : 022-795-7023 E-mail : fujimoto.toshiaki@rm.is.tohoku.ac.jp

#### 1. はじめに

図 1 に示すような, 体内や瓦礫内などの狭隘部への侵入推進を可能にするために, トーラス型の移動体が従来から研究開発されている. 我々のチームでも 2011 年からトーラス型移動体の研究開発を続けている. 基本構造を図 2 に示す. またその試作機を図 3 に示す.

トーラス構造は通常, 円環を軸方向に引き伸ばした構造となっている. この袋状構造を密閉させること, および, このようなループ化した円環構造を駆動させることが, 従来非常に困難であるという問題があった. また, 従来のもものでは, ループ状になったトーラス袋を駆動させるために, 折り返し部において, 歯付プーリなどの剛性の高い構造を端部に搭載する必要があり, 狭隘部に受動的に変形しながら侵入することが不可能であった(図 4).

本研究は上記のような問題を解決するために考案した伸縮式トーラス機構に関するものである.

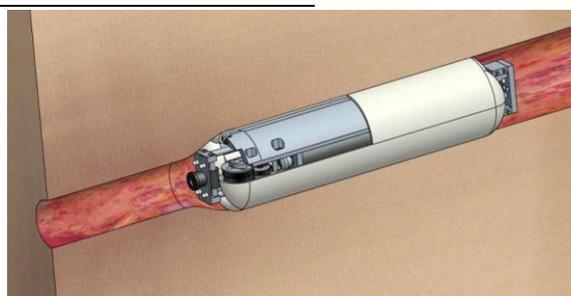


図 1 : トーラス型移動体の概念図

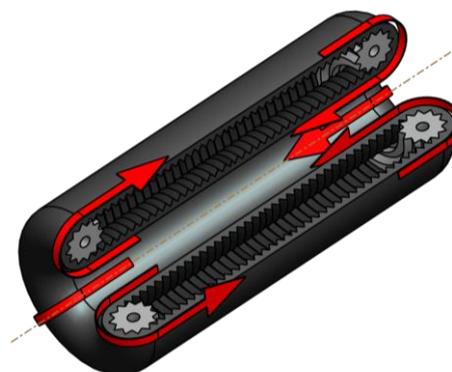


図 2 : トーラス型移動体の基本構造



図 3：試作第一号機

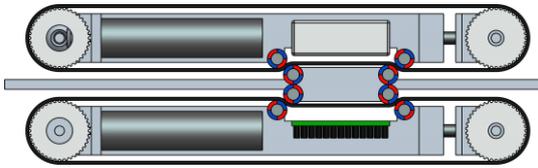


図 4：試作第一号機の内部構造  
(端部に硬い)

## 2.伸縮式トーラス機構

トーラス構造を 2 つに分割したうえで、前後の半トーラス袋状構造を、比較的硬度の高い中央本体部材に取り付けることで、高い密閉性を実現する構造についてのものである。考案の構造は、連続的な膜駆動でなく、前後の半トーラス構造を交互に伸縮させることによって、推進する方式をとるものである。従って、中央本体部材に直動駆動機構を搭載することにより、折り返し端部において駆動機構を搭載する必要がないため、狭隘部に容易に侵入することができる。さらに、構造を飛躍的にシンプルに且つ稼働の確実性を高めた新しい構造となっている (図 5)。

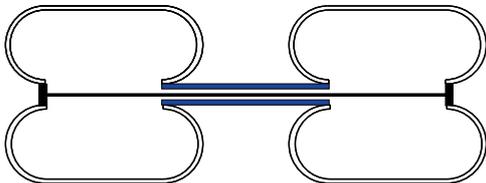


図 5：伸縮式トーラス構造の原理図

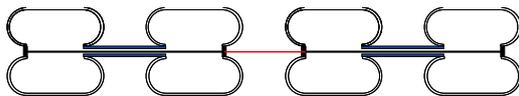


図 6：伸縮式トーラス構造の連結版

また、本ユニットを、複数連結することにより、半径方向に膨張させて突っ張り、前後方向に推進力を出すことが可能となる (図 6)。

さらに、中央に回転軸を設けることで、本駆動機構の断面が円形であることを活用しての横方向駆動力を生成させて、軸方向の伸縮駆動と合わせることで、任意の方向に推進力を生成することが可能となる。

## 3. 伸縮式トーラス機構

### 3.1： 膨張動作

試作した伸縮式トーラス機構 1 ユニットによる膨張収縮動作実験を行った。その様子を図 7 に示す。図からも、前後の 2 ユニットが同様に膨張している様子がわかる。

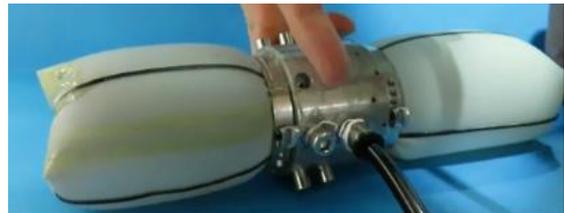
### 3. 2： 軸方向への低抵抗な伸展動作

伸縮式トーラス機構 1 ユニットにおける軸方向への低い抵抗力で伸展動作実験を行った。その様子を図 8 に示す。実験により、非常に低い抵抗ながらも、軸方向に伸縮することが確認された。これは前後で同じ折り返しトーラス構造を有するダブルバルーンゆえの内圧一定効果である。

以上より、現段階では 1 ユニットのみであるが、考案した伸縮式トーラス機構の基本動



(a) 初期状態



(b) 膨張状態

図 7：伸縮式トーラス機構 1 ユニットの膨張収縮動作



(a) 後方部位置



(b) 前方部位置

図8：伸縮式トーラス機構1ユニットにおける軸方向低抵抗伸展動作（前後で同じ折り返しトーラス構造を有するダブルバルーンゆえの内圧一定効果）

#### 4. まとめ

本稿では、歯付プーリなどの剛性の高い構造を端部に搭載する必要があり、狭隘部に受動的に変形しながら侵入することが不可能であった問題と密閉性の困難さの問題を鑑みて考案した伸縮式トーラス構造について説明した。また、本原理に基づいて、試作実機を具現化した。試作した実機を用いた実験によって基本的な膨張動作・軸方向伸縮動作を確認した。

#### 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. Bregeret.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 contral 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.