

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

# 湾曲した柱状物を移動可能な多脚型ロボットの開発 : TAOYAKA-IV

著者	青? 龍志
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
巻	60
ページ	1-6
発行年	2019-03-31
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00022006">http://doi.org/10.15002/00022006</a>

# 湾曲した柱状物を移動可能な 多脚型ロボットの開発: TAOYAKA-IV

A MULTI-LEGGED ROBOT CAPABLE OF MOVING CURVED COLUMNAR OBJECTS: TAOYAKA-IV

青柳龍志

Ryushi AOYAGI

指導教員 伊藤一之

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

The inspection and maintenance of large industrial plants is an important task for robots. Also, in emergency, a robot that can be applied to rescue applications is required. These tasks would be very difficult for conventional robots, because most extant robots must first assess the shape of the object and control many DOF to climb. In our previous works, we developed a flexible manipulator inspired by an octopus, which could grasp various objects without sensors or controls. Its flexible body passively adapted to differences in the objects' features. In this research, we apply this mechanism to a six-legged climbing robot that can climb arbitrary columnar objects without first sensing their shapes.

**Key Words** : Six-legged robot; climbing robot; flexibility; passive mechanism

## 1. はじめに

巨大構造物の保守点検はロボットの重要なタスクの一つとなっている[1, 2]. また, 大地震などの緊急時には, 災害現場での情報収集や人命探査への応用が可能なロボットが求められている[2-13]. したがって, ロボットは多様な柱状物を上昇するために高い自由度が必要となる. しかし, 一般的にロボットが未知の柱状物を上昇することはとても困難である. ロボットは柱状物の形状を正確に把握する必要があり, それらを把持するために多くの自由度を必要とする. さらに, 様々な自由度の移動を実時間で計画し, 制御することが求められる.

しかし, 実際の生物は, 身体の様々な自由度を利用して複雑な環境で適応的に行動することができ, 生物を模した機構はかなりの注目を集めている[14-17]. 特に, 小さな脳にもかかわらず, タコは様々な未知の物体を容易に把握することができる. 脚の様々な自由度は, 脚の柔軟性を利用することによって制御されると考えられ, これは脳の計算負荷を低減している[18, 19].

これまでの研究では, タコの行動に触発された柔軟なマニピュレータを開発し, センシングやフィードバックコントローラなしで様々な物体を把握できることを実証した.

本研究では, 柔軟なマニピュレータの機構を適用し, 湾曲した柱状物を計測することなしに登ることができると6足ロボットを開発する.

## 2. 従来研究

図1に従来研究を示す. 従来研究ではタコのふるまいを用いて多様な物体を把持, 移動できることを確認した.

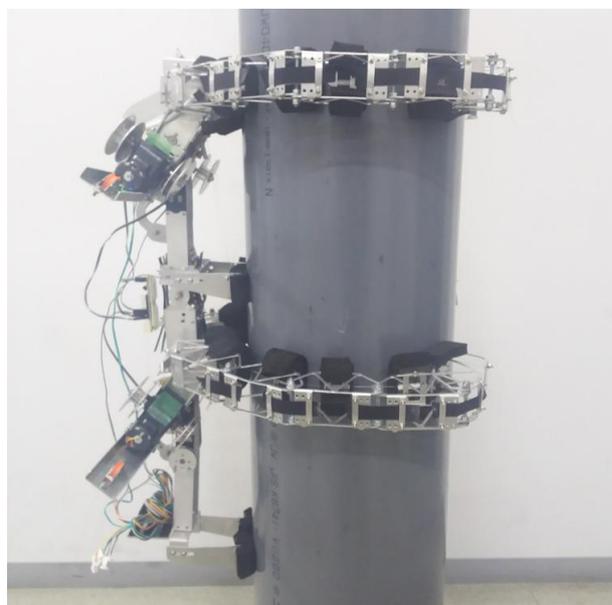


図1 従来機体

しかし, 一直線にしか移動できない, 適応可能な周長の範囲が狭いといった問題がある. 本研究ではこの問題の解決を目標とする.

### 3. 提案機構

開発した機体を図2に示す.

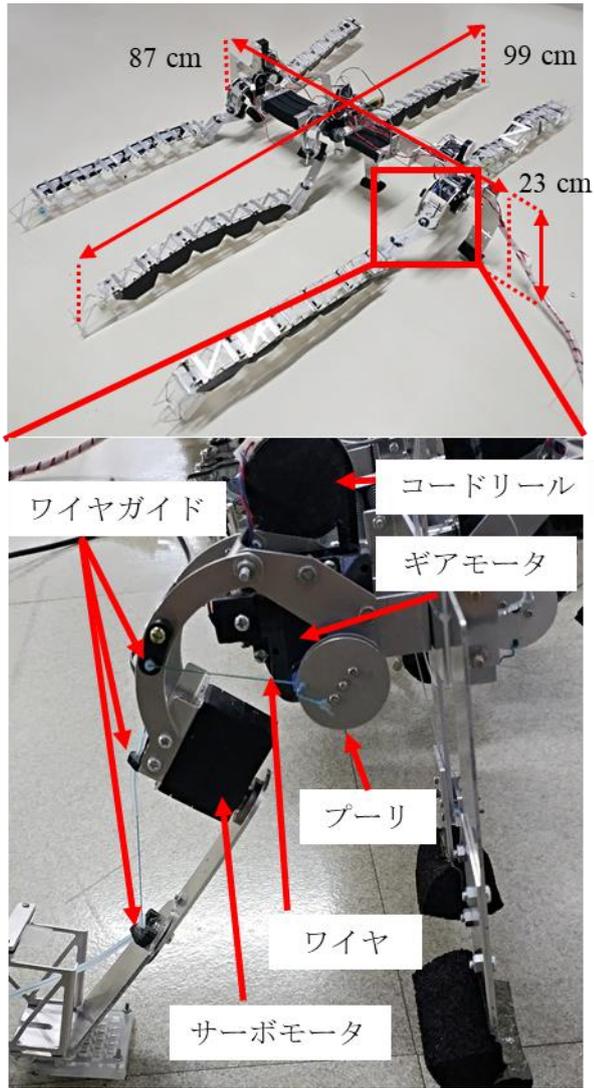


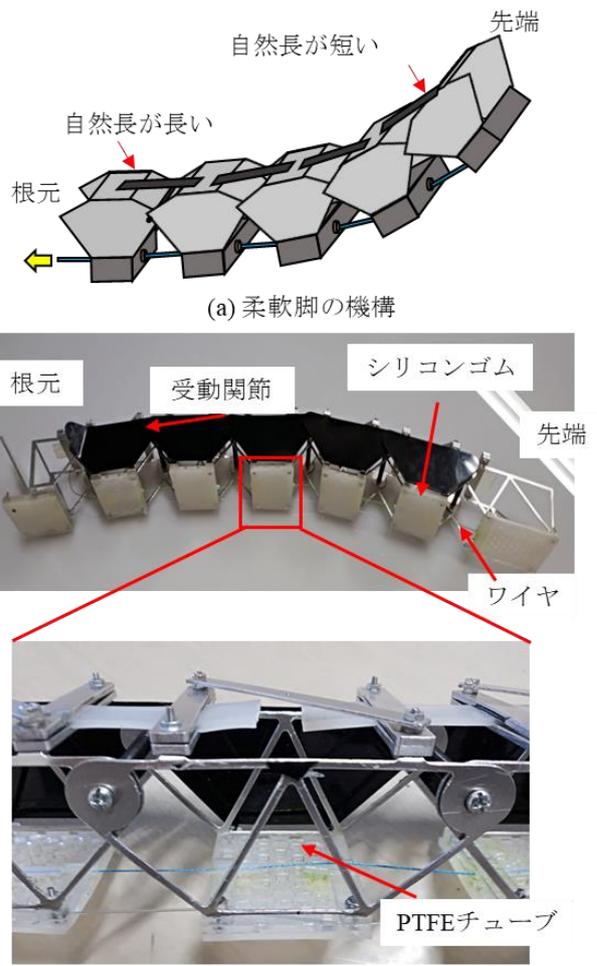
図2 開発した機体

重量は3.5kgで、6脚の柔軟脚を持ち各脚はサーボモータとウォームギアードモータの2つによって駆動される。

図3に柔軟脚の仕組みについて示す。柔軟脚は6つのリンクで構成されておりすべての関節は受動的に動く。

柔軟脚と把持対象との間に十分な摩擦を得るためにショア硬度30Aのシリコンゴムを柔軟脚の接触面に張り付けた。また、シリコンゴムの内側にはワイヤを取り付けた。これによりワイヤを引くことで柔軟脚を閉じることができる。

また、反対の面には各リンク間にシリコンゴムを取り付けた。シリコンゴムの伸縮力により通常は開いている。ウォームギアは脚の根元に取り付けられている。



(b) 開発した柔軟脚

図3 柔軟脚の構造

ゴムの弾性力は根元から先端へ順に大きくなっていく(図4).

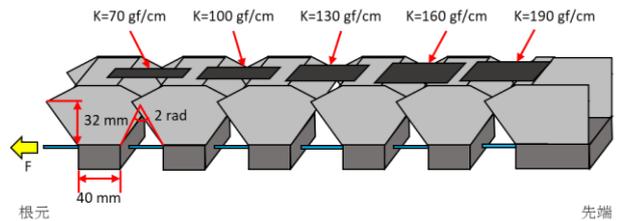


図4 ゴムの弾性力

これによりタコのふるまいである脚の根元からものに接触する動作を受動的に実現することができる(図5).

上からの視点

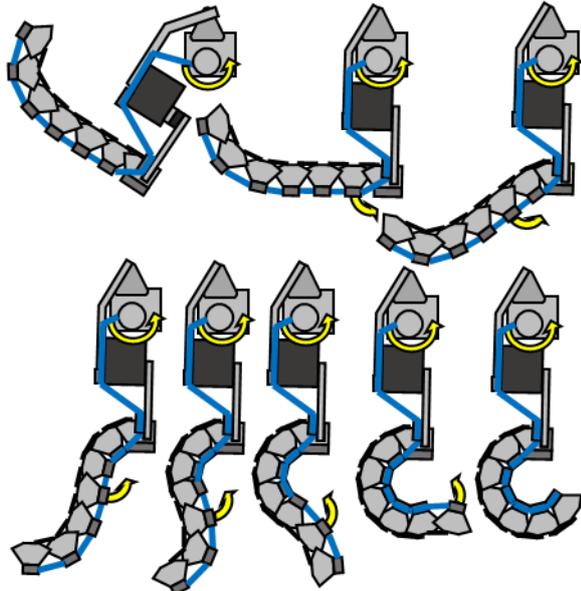


図5 把持の際の足の動き

脚にはもう一つ脚を上下させるためのサーボモータが取り付けられている(図6). 図7に上昇の動きを示す.

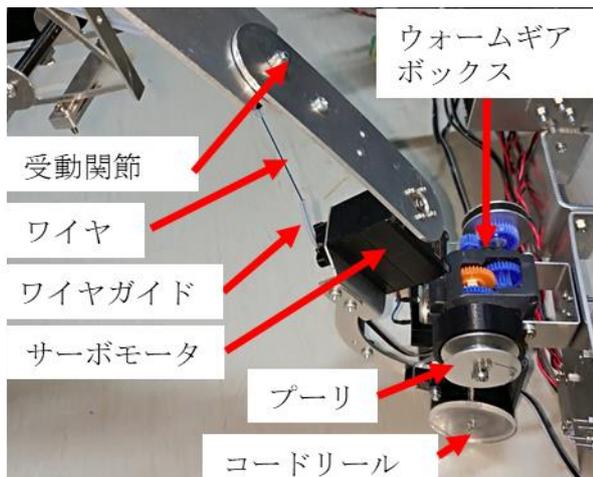


図6 脚の構造

図8に胴体の機構を示す。胴体にはねじれに強く前後左右方向への柔軟性は高いジャバラを利用した。胴体前面、背面にはワイヤを通してあり胴体下部に取り付けたプーリで巻き取る。これにより前後へ能動的な動きができるとともに受動的に把持対象に沿うことができる(図9).

横からの視点

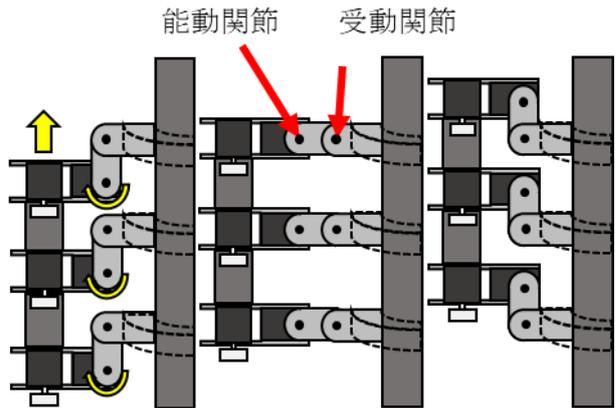


図7 上昇時の動き

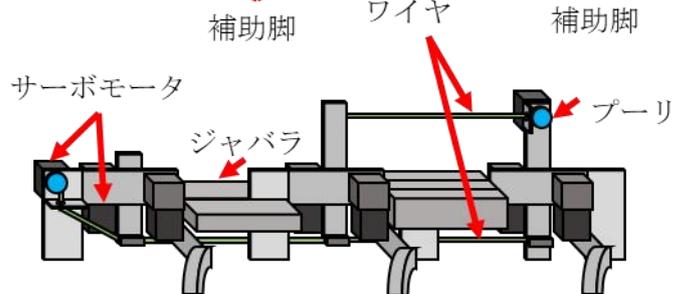
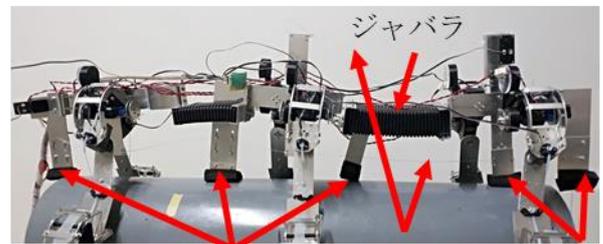
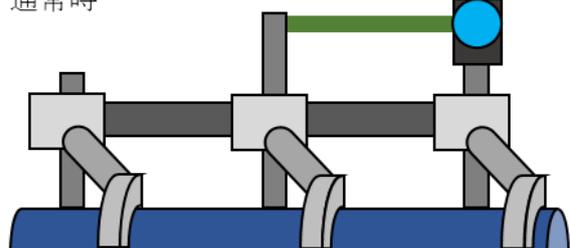


図8 胴体の機構

通常時



湾曲時

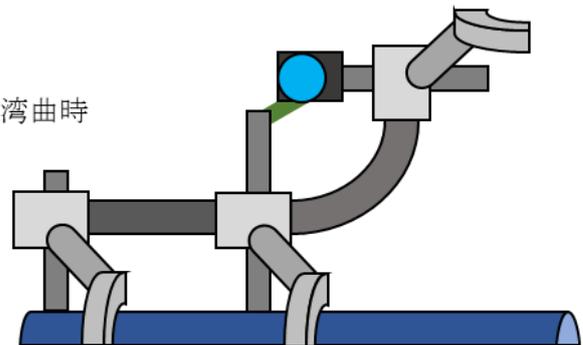


図9 湾曲部に適応する動き

この機構は図 1 0 に示すように環境に適応するためのセンサや制御を必要としない。さらに、このロボットは事前にプログラムされた単純なパターンで移動することができる。

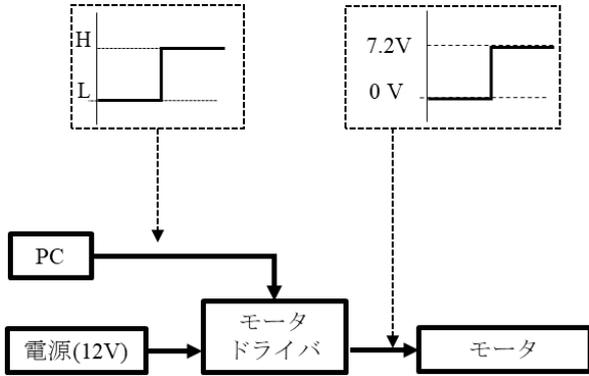


図 1 0 制御システム

図 1 1 にタイミングチャート、図 1 2 にタイミングチャートを適用した移動パターンを示す。

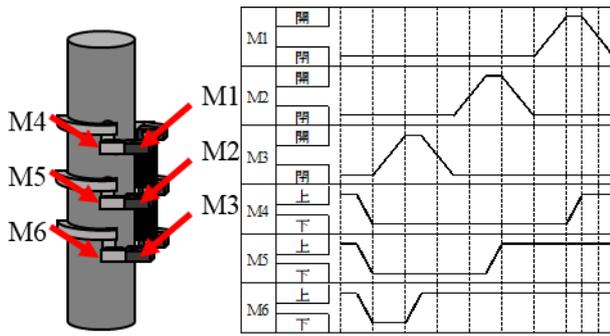


図 1 1 タイミングチャート

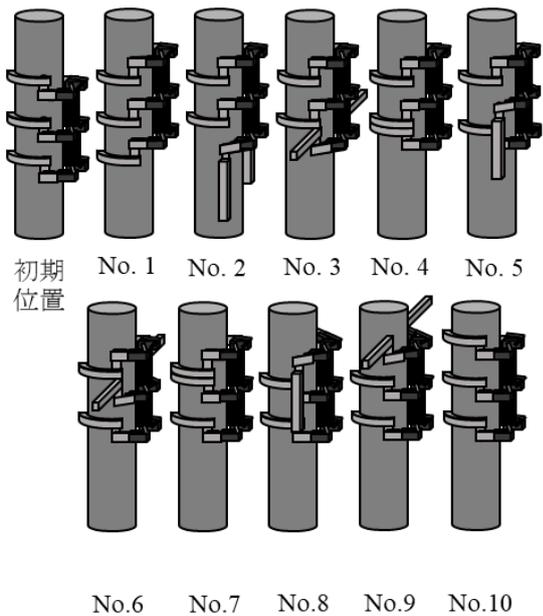


図 1 2 移動パターン

脚や胴体の適応的な振る舞いによって図 1 1, 1 2 に示すような同一の移動パターンでも異なった状況に適応することができる。

#### 4. 実験

まず基礎実験として 1 0 0 A, 2 0 0 A の塩ビパイプの上昇を行った。

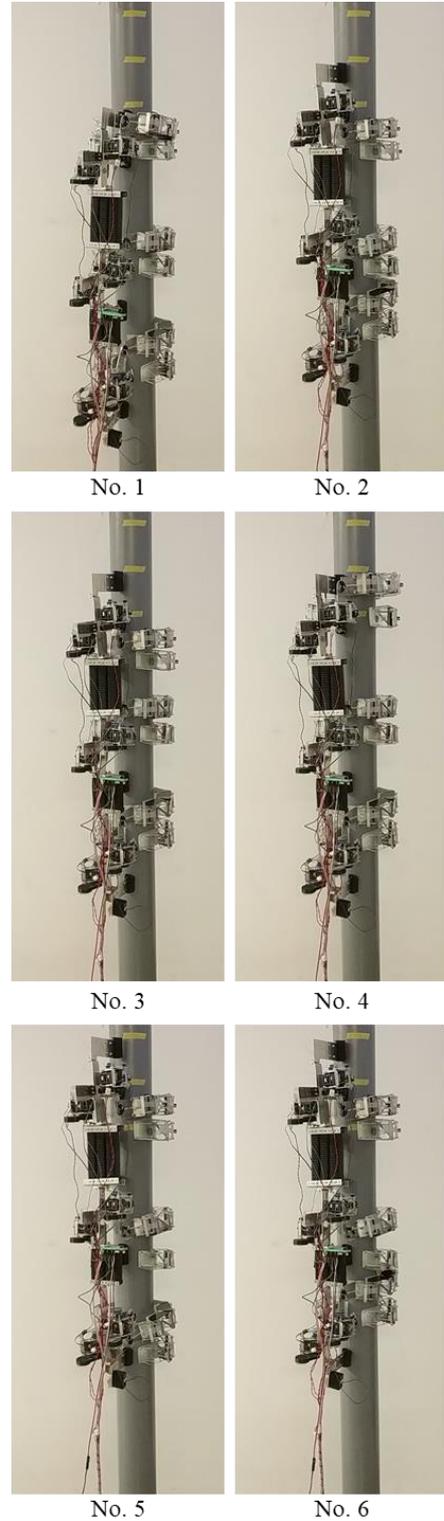
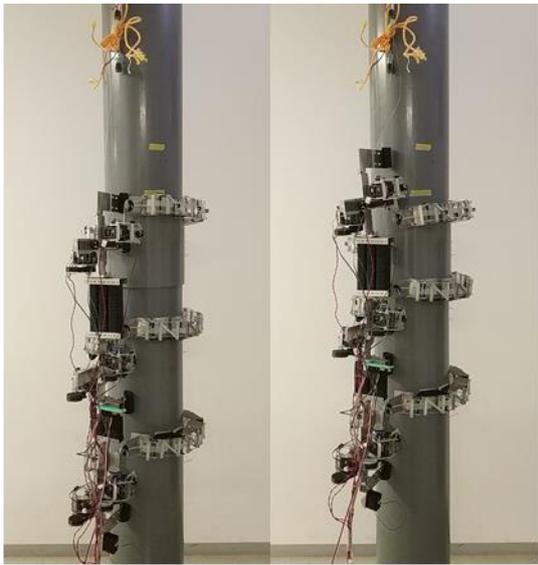
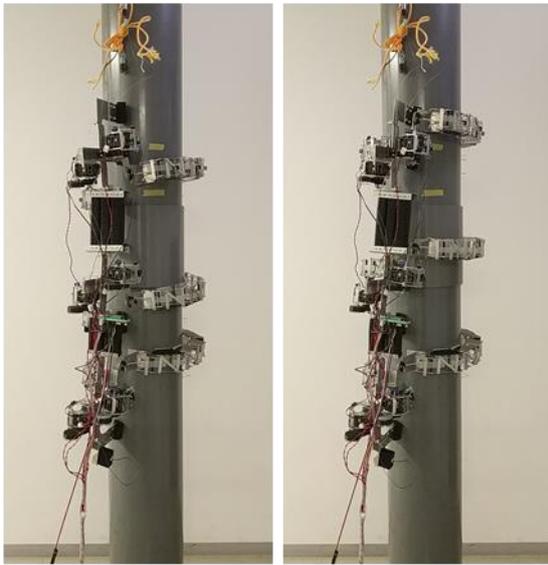


図 1 3 1 0 0 A の上昇実験



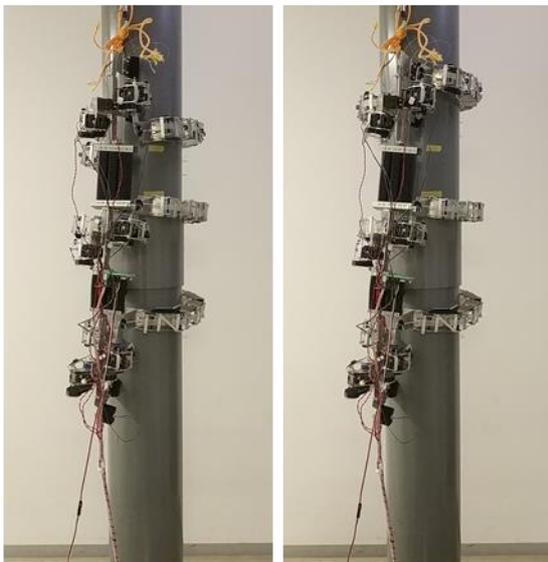
No. 1

No. 2



No. 3

No. 4



No. 5

No. 6

図14 200Aの上昇実験



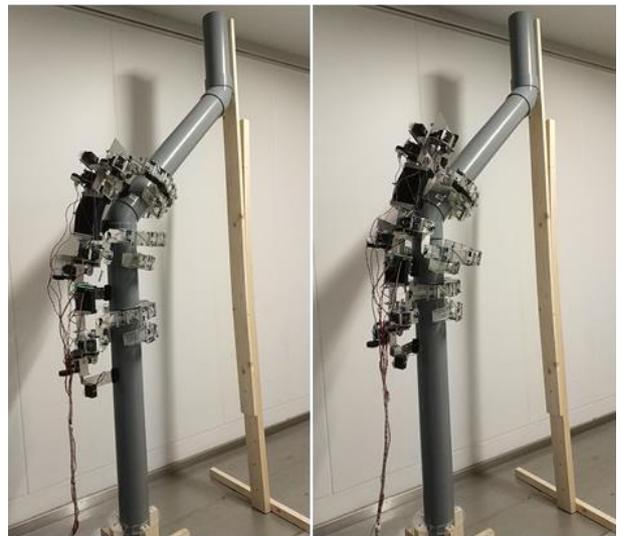
No. 1

No. 2



No. 3

No. 4



No. 5

No. 6

図15 100A(45度)移動実験

各実験において分間 1.5 cm で移動可能なことを確認した。

## 5. 結論

本研究では柔軟なマニピュレータの機構を適用し湾曲した柱状物を移動することを目的とした。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費 15K00316 および 15KK0015 の助成を受けたものである。また、本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものである

### 参考文献

- 1) Y. Fujino, "Maintenance and management for safe infrastructure and efforts at SIP," J. of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol.55, No.2, pp. 117-122, 2016.
- 2) S. M. Madanat, P. L. Durango, and V. M. Guillaumot, "Inspection, prediction and decision-making in infrastructure management: Framework, models and computation," J. of Japan Society of Civil Engineers, Vol.2003, No.744, pp. 1-10, 2003.
- 3) F. Matsuno and Y. Uo, "Current trends in research and development of rescue robot systems," J. of the Institute of Electrical Engineers of Japan, Vol.129, No.4, pp. 232-236, 2009.
- 4) R. R. Murphy, "Navigational and Mission Usability in Rescue Robots," J. of the Robotics Society of Japan, Vol.28, No.2, pp. 142-146, 2010.
- 5) S. Tadokoro, "Technical challenge of rescue robotics," J. of the Robotics Society of Japan, Vol.28, No.2, pp. 134-137, 2010.
- 6) E. Rohmer, K. Ohno, T. Yoshida, K. Nagatani, E. Konayagi, and S. Tadokoro, "Integration of a sub-crawlers' autonomous control in Quince highly mobile rescue robot," 2010 IEEE/SICE Int. Symp. on System Integration (SII), p. 7883, 2010.
- 7) K. Ito and H. Maruyama "Semi-autonomous serially connected multi-crawler robot for search and rescue," Advanced Robotics, Vol.70, No.7, pp. 489-503, 2016.
- 8) Y. Sato and K. Ito, "Semi-autonomous modular robot for maintenance and inspection," Proc. of the 12th Int. Conf. on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS 2016), pp. 1-3, 2016.
- 9) Y. Kawai, K. Ito, and H. Aoki, "Passive stabilizing mechanism for snake-like rescue robot," Proc of 13th Int. Conf. on Control Automation Robotics and Vision (ICARCV 2014), pp. 1740-1745, 2014.
- 10) M. Masuda and K. Ito, "Semi-autonomous Centipede-like Robot with Flexible Legs," Proc. of IEEE Int. Symp. on Safety, Security, and Rescue Robotics 2014 (SSRR 2014), pp. 1-6, 2014.
- 11) K. Ito and Y. Ishigaki, "Semiautonomous centipede-like robot for rubble – Development of an actual scale robot for rescue operation," Int. J. of Advanced Mechatronic Systems, Vol.6, No.2/3, pp. 75-83, 2015.
- 12) P. Kriengkamol, K. Kamiyama, M. Kojima, M. Horade, Y. Mae, and T. Arai, "A New Close-Loop Control Method for an Inspection Robot Equipped with Electro permanent-Magnets," J. Robot. Mechatron., Vol.28, No.2, pp. 185-193, 2016.
- 13) K. Ito, K. Osuka, A. Ishiguro, and N. Furuyama, "Perception and Control Utilizing Property of Real World," J. of the Robotics Society of Japan, Vol.24, No.7, pp. 807-811, 2006 (in Japanese).
- 14) R. Pfeifer, F. Iida, and G. Gomez, "Designing Intelligent Robots –On the Implications of Embodiment –, " J. of the Robotics Society of Japan, Vol.24, No.7, pp. 783-790, 2006.
- 15) C. Paul, "Morphological Computation: A basis for the analysis of morphology and control requirements," Robotics and Autonomous Systems, Vol.54, No.8, pp. 619-630, 2006.
- 16) D. Zambrano, M. Cianchetti, and C. Laschi, "The Morphological Computation Principles as a New Paradigm for Robotic Design," H. Hauser et al. (Eds.), Opinions and Outlooks on Morphological Computation, pp. 215-225, 2014.
- 17) G. Sumbre, Y. Gutfreund, G. Fiorito, T. Flash, and B. Hochner, "Control of Octopus Arm Extension by a Peripheral Motor Program," Science, Vol.293, No.5536, pp. 1845-1848, 2001.
- 18) Y. Gutfreund, T. Flash, G. Fiorito, and B. Hochner, "Patterns of Arm Muscle Activation Involved in Octopus Reaching Movements," J. of Neuroscience, Vol.18, No.15, pp. 5976-5987, 1998.