

複数の柱状物が存在する環境を移動可能な多脚型ロボット : TAOYAKA VI

EGAWA, Hikaru / 江川, 輝

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

63

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2022-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00025319>

複数の柱状物が存在する環境を移動可能な 多脚型ロボット：TAOYAKA-VI

A MULTI-LEGGED ROBOT CAPABLE OF MOVING
IN AN ENVIRONMENT WITH MULTIPLE COLUMNS: TAOYAKA-VI

江川輝

Hikaru EGAWA

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

In recent years, there has been a focus on robots that can operate in extremely complex environments where the same situation is unlikely to occur, such as disaster sites and the maintenance and inspection of large industrial structures. In our previous research, we developed a multi-legged robot based on the structure of an octopus, which can act adaptively in unknown environments by using its many degrees of freedom in spite of its small brain. By utilizing the behavior of creatures, the robot can move through columnar structures by repeating simple actions. In this study, we improved the conventional robot and developed a robot that can move horizontally from pipe to pipe in addition to ascending in an environment with multiple pipes.

Key Words : *eight-legged robot, climbing robot, flexibility, octopus*

1. はじめに

近年、二次災害の恐れがある現場での活躍が期待されるレスキューロボットや、社会インフラの定期的な検査や修理を行うロボット、農業ロボットなど、工場の外で活動するロボットが注目されている[1-11]。しかし、これらのロボットが活動する未知環境は工場とは異なり、非常に複雑で、同じ状況が再現されることはない。

従来の研究ではこれらの環境で活動できるように、ロボットに様々なセンサを搭載し環境を計測してきた。しかし、ロボットを制御するためには膨大な計算量が必要となり、これも大きな課題となっている。

一方でタコなどの生物は脳が小さいにも関わらず、身体のような自由度を有した体を利用して、複雑な環境下で行動することができている。そこで先行研究では、タコの構造に着目し、未知の形状の柱状物をセンシングやフィードバックコントローラなしで登ることができる多脚型ロボットを開発した[12-16]。

本研究では、このロボットの機構を改良し、一本のパイプを登るだけでなく、複数のパイプがある場合に考えられる環境下であらゆる移動を可能にする多脚型ロボットを開発した。

2. 従来研究

図1に従来機体を示す。従来研究ではタコのふるまい

と柔軟なマニピュレータの機構を用いることで多様な物体を把持、移動できることを確認した。

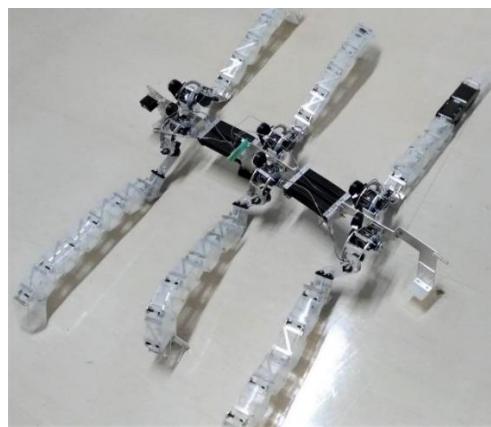


図1 従来機体

しかし、複数の柱状物がある時を想定していないため、並行して並ぶ柱状物の間隙が狭いときは登ることができない、柱状物から柱状物への移動はできな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

図2に提案するロボットを、図3にシステム全体を示す。このロボットは8本の柔軟脚と柔軟な胴体を持って

いる。各脚は2つのモーターで駆動され、柔軟な胴体は4つのモーターで駆動される。モーターはモータードライバを介してPCに接続されており、PCからの制御入力に基づいてモーターが動作する。さらに、PC内のGUIを使い、ロボットを手動で制御することも可能である。

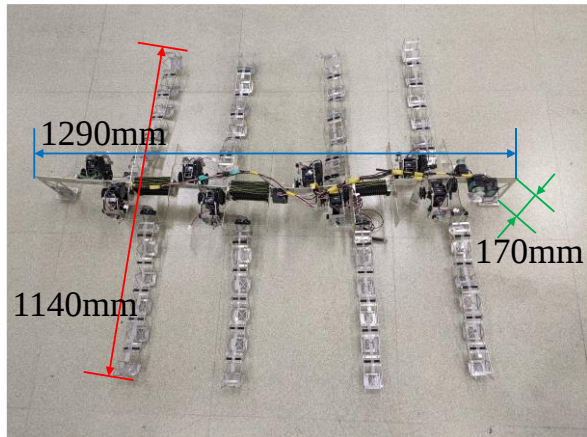


図2 提案機体

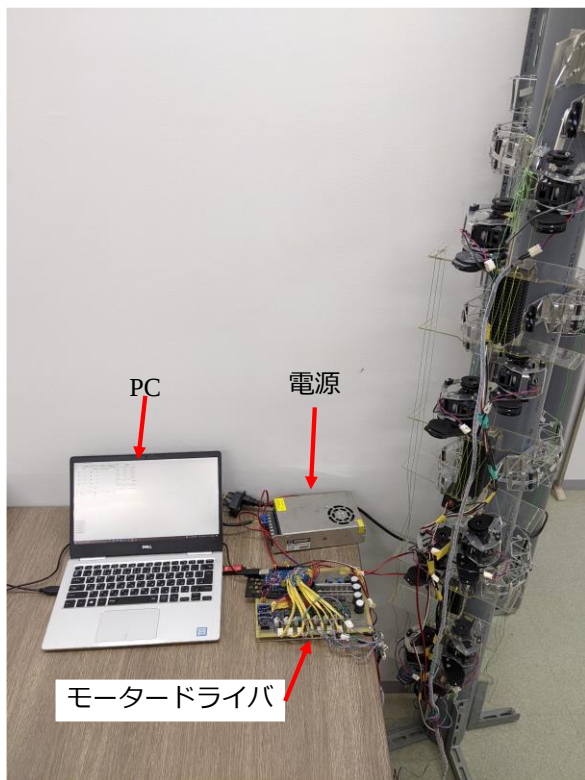


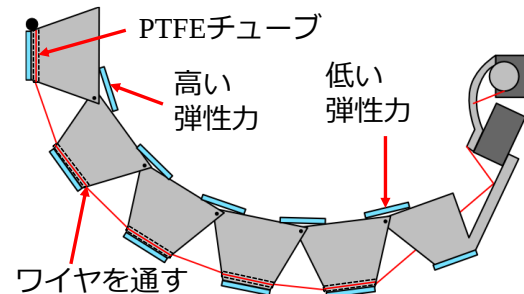
図3 システム全体

(1) 受動関節を持つ脚

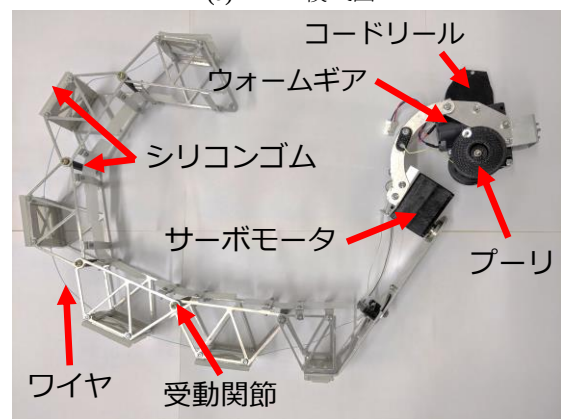
図4は、受動関節を用いた脚である。この脚は6個のアルミニウムのリンクで構成されており、すべての関節が受動的である。リンクの間にはシリコンラバーバンドがあり、シリコンラバーバンドの張力により脚が開く。したがって、通常、脚は開脚状態である。

シリコンゴムは関節ごとに弾性が異なり、モーター側

から先端に向かって弾性が大きくなっている。そのため、図5のようにワイヤを引っ張るだけで、脚の力学により未知の形状の物体に巻き付くことができる。この機構では、関節の角度を受動的に制御するため、脚の各関節を制御する電氣的なコントローラ、対象物の大きさや形状を計測するためのセンサは不要である。



(a) 模式図



(b) 実際の脚

図4 開発された脚

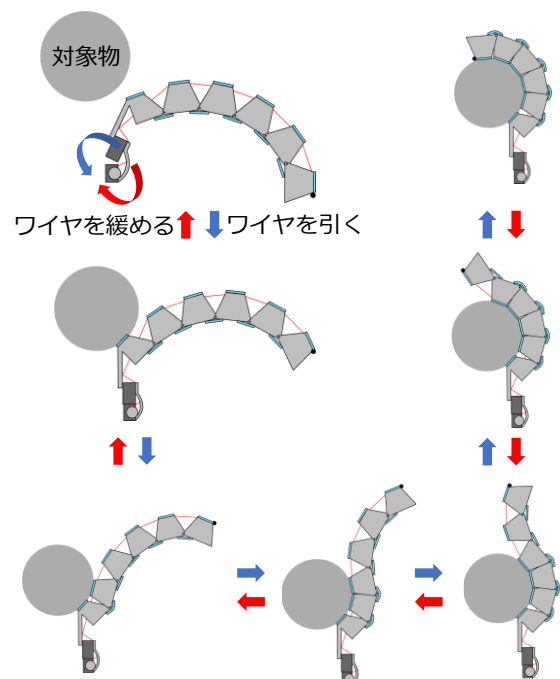


図5 柔軟脚の動作

図6に示すように、各脚の根元には能動関節があり、図6のように動かすことで、ロボットはパイプを登ることができる。

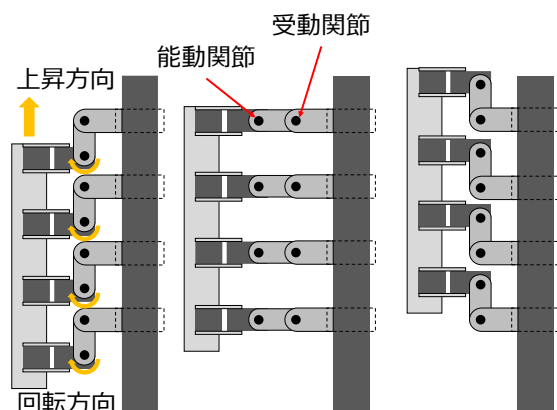


図6 上昇動作

(2) 柔軟な胴体

ロボットの胴体は蛇腹で作成されており、柔軟性を持っている。柔軟な脚部と同様に、柔軟な胴体も図7に示すようにワイヤで制御されている左右のワイヤを引くことで、胴体を曲げることができ、図8のように隣のパイプまで移動することができる。

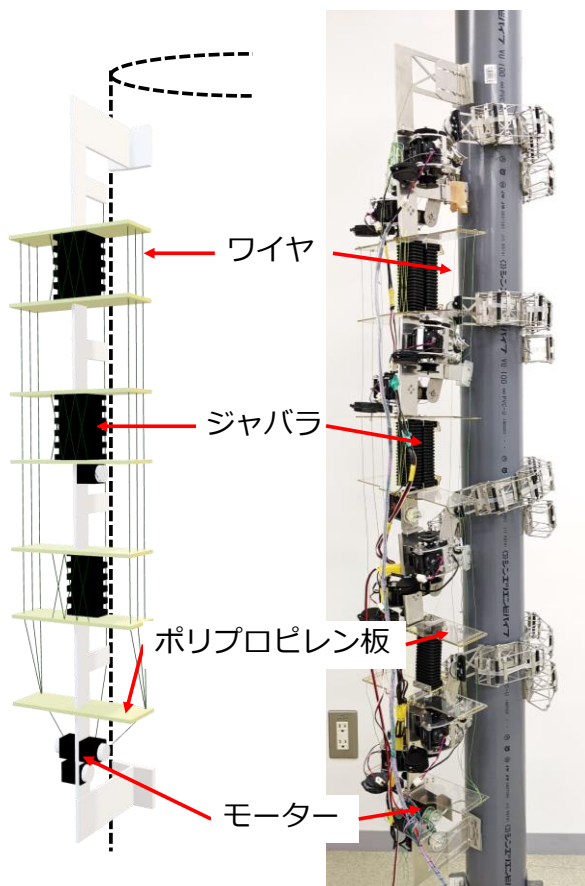


図7 柔軟な胴体

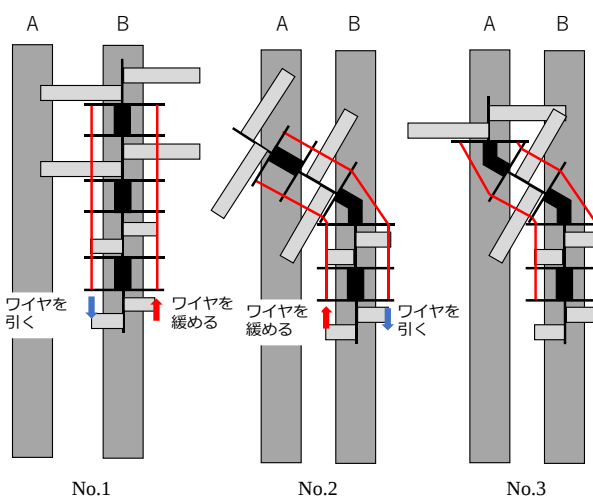


図8 胴体の動き

また、図9のようにジャバラの角度を制限するワイヤを張ることによって機体が復帰不可能な方向に倒れることを防ぐ。

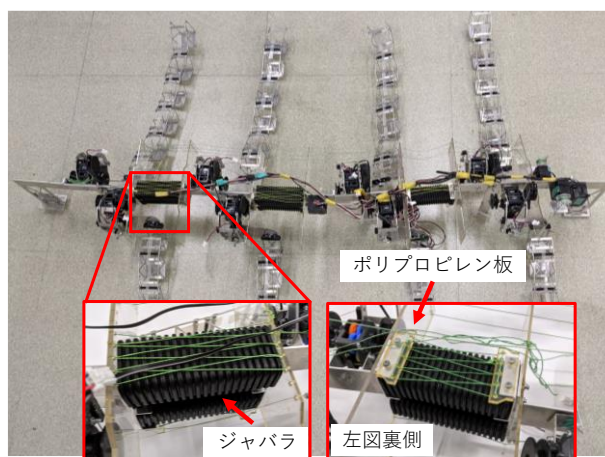


図9 ジャバラの動きを制限するワイヤ

(3) 移動パターン

図10はタイミングチャート、図11はタイミングチャート適用時の移動パターンである。

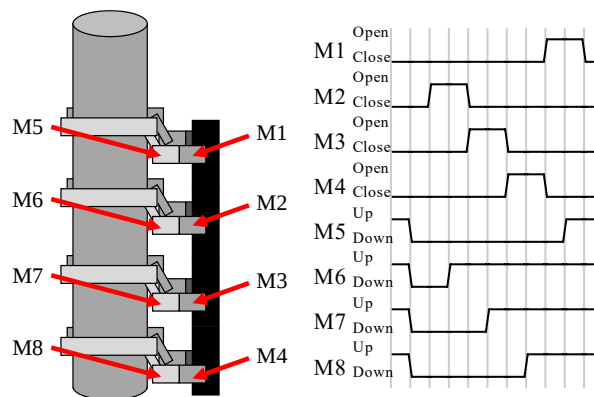


図10 タイミングチャート

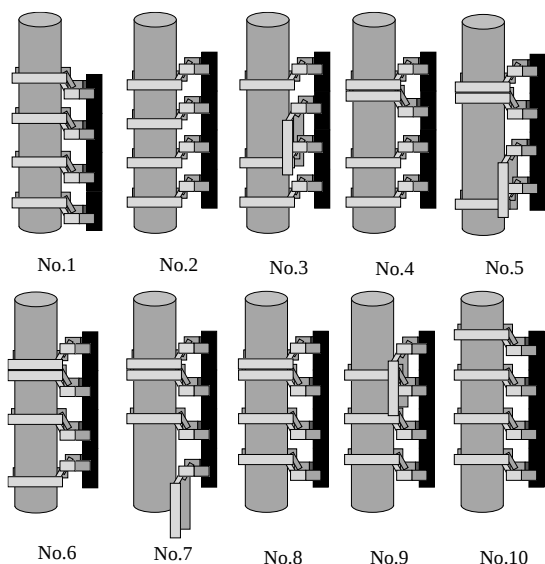


図 11 移動パターン

このパターンはあらかじめ PC にプログラミングされており、同じパターンを自律的に繰り返している。提案する脚機構を用いることで、脚は様々な円柱状の物体を受動的に把持することができる。このように、ロボットは同じ登坂パターンを用いて様々な柱状物を登坂することができる。

図 12 は、隣接する柱状物体への移動パターンを示したものである。この場合、柱状物間の距離に合わせて本体の動きを調整する必要がある。そのため、今回は手動で制御しているが、今後の研究では自律制御を検討する予定である。

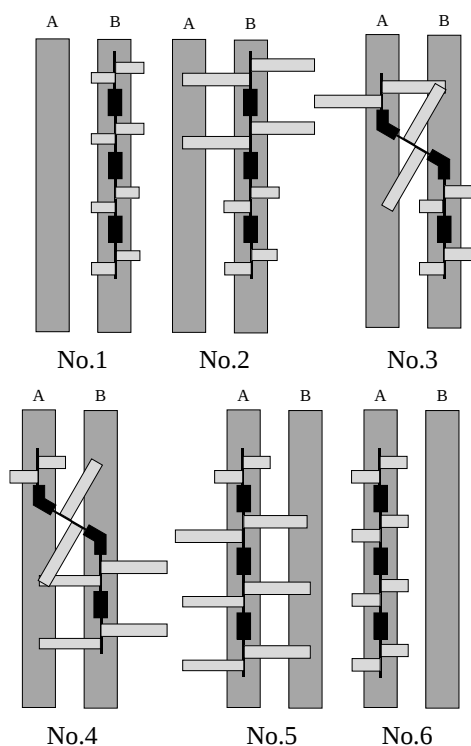


図 12 移動パターン

4. 実験

提案ロボットの有効性を実証するために、まず上昇に関する実験を行った。図 13 は 1 本の垂直パイプを登る動作の実験、図 14 はパイプ間に 250mm の隙間がある垂直パイプを登る動作の実験の様子である。

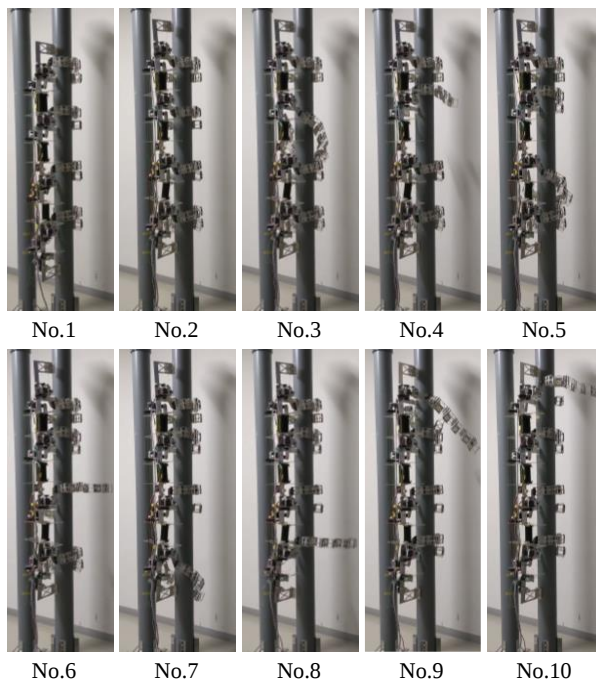


図 13 上昇実験

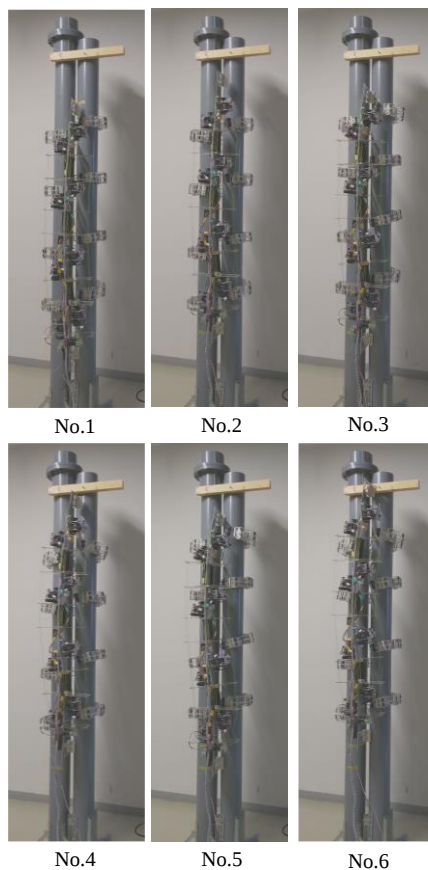


図 14 間隙のあるパイプの上昇実験

図 15 はパイプからパイプへの移動の実験の様子である。

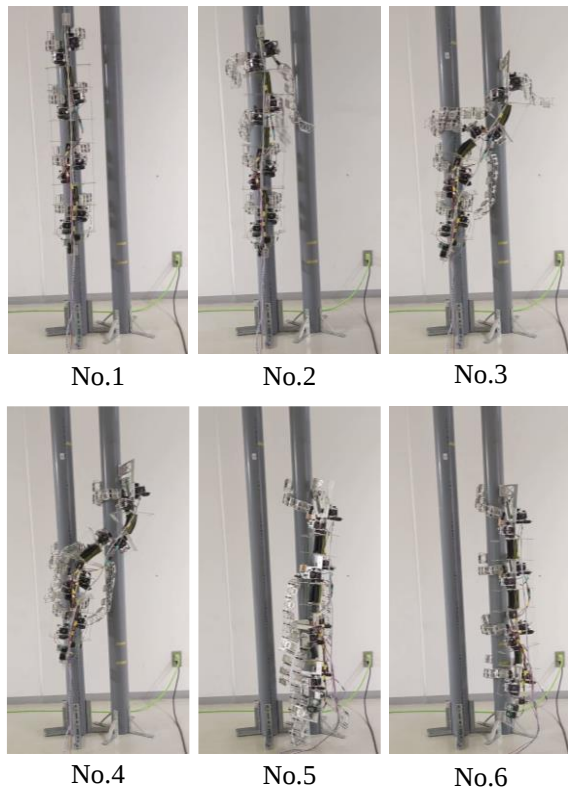


図 15 パイプからパイプへの移動実験

パイプを登る際には、ロボットを自律的に制御した。また、パイプからパイプへの移動の際には、各モーターを手動で制御した。その結果、登り動作と移動動作が正常に実現されていることが確認できた。

5. 結論

本研究では、柱状の物体を登り、ある物体から別の物体へ移動することができる 8 脚ロボットを提案した。さらに実験を行った結果、タコからヒントを得た機構を用いることで、未知の形状の柱状物体を掴んで登ることができることを確認した。また、手動で体を制御することで、パイプから別のパイプに移動することも可能である。今後は、パイプ移動動作の自律制御コントローラを開発する予定である。

謝辞: 本研究の一部は、JSPS 科研費 18K11445 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) F. Matsuno, Y. Uo, Current trends in research and development of rescue robot systems, Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan, Vol. 129, No. 4, pp. 232-236, 2009. R. R. Murphy, Navigational and Mission Usability in Rescue Robots, Journal of the Robotics Society of Japan, Vol. 28, No.2, pp. 142-146, 2010.

- 2) S. Tadokoro, Technical challenge of rescue robotics, Journal of the Robotics Society of Japan, Vol. 28, No. 2, pp. 134-137, 2010.
- 3) K. Ito and Y. Ishigaki, Semiautonomous centipede-like robot for rubble-development of an actual scale robot for rescue operation, International Journal of Advanced Mechatronic Systems, Vol. 6, No. 2/3, pp. 75-83, 2015.
- 4) M. Masuda, K. Ito, Semi-autonomous Centipede-like Robot with Flexible Legs, Proceedings of the IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics 2014(SSRR2014), Hokkaido, Japan, 2014.
- 5) H. Maruyama, K. Ito, Semi-autonomous serially connected multi-crawler robot for search and rescue, Advanced Robotics, Vol. 30, No. 7, pp. 489-503, 2016.
- 6) K. Ito, Y. Takeuchi, Reinforcement learning in dynamic environment: abstraction of state-action space utilizing properties of the robot body and environment, Artificial Life and Robotics, Vol. 21, No. 1, pp. 11-17, 2016.
- 7) A. Saito, K. Nagayama, K. Ito, T. Oomichi, S. Ashizawa, F. Matsuno, Semi-Autonomous Multi-Legged Robot with Suckers to Climb a Wall, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 30, No.1, pp.24-32, 2018.
- 8) K. Ito, S. Kashiwada, Proposal of semiautonomous centipede-like robot for rubbles, Artificial Life and Robotics, Vol. 19, No. 4, pp. 400-405, 2014.
- 9) K. Ito, Y. Simodate, Development of semi-circular duplex manipulator for search and rescue operations in narrow spaces, International Journal of Advanced Mechatronic Systems, Vol. 6, No. 1, pp. 1-11, 2014.
- 10) K. Ito, S. Kimura, Semicircular duplex manipulator for rescue operation: size and weight reduction, Advanced Mechatronic Systems, Vol. 7, No. 2, pp. 104-113, 2016.
- 11) K. Ito, S. Hagimori, Flexible manipulator inspired by octopus: development of soft arms using sponge and experiment for grasping various objects, Artificial Life and Robotics, Vol.22, No. 3, pp. 283-288, 2017.
- 12) K. Ito, R. Aoyagi, Y. Honma, TOYAKA-III: A six-legged Robot Capable of Climbing Various Columnar Objects, Journal of Robotics and Mechatronics (JRM), Vol. 31, No. 1, pp. 78-87, 2019.
- 13) K. Ito, Y. Homma, J. Rossiter, The soft multi-legged robot inspired by octopus: climbing various columnar objects, Advanced Robotics, Vol.34, No.17, pp. 1096-1109, 2020.
- 14) K. Ito, T. Mukai, Flexible manipulator inspired by octopi: advantages of the pulling mechanism, Artificial life and Robotics, Vol. 25, No. 1, pp. 167-172, 2020.
- 15) K. Ito, Y. Ninomiya, TAOYAKA V: a multi-legged robot, successfully combining walking and climbing mechanism, Artificial Life and Robotics, Vol. 26, No. 1, pp. 97-102, 2021.