

突起物を利用して水平面を移動可能な生物模倣型ソフトロボット：一定の環境下における動作の自動化

Higashikubo, Taisei / 東久保, 太成

(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)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026372>

突起物を利用して水平面を移動可能な 生物模倣型ソフトロボット —一定の環境下における動作の自動化—

A BIO-INSPIRED SOFT ROBOT
THAT USES FEATURES OF IT'S ENVIRONMENT
TO LOCOMOTE OVER A HORIZONTAL PLANE

—AUTOMATION OF OPERATIONS IN CERTAIN ENVIRONMENTS

東久保太成

Taisei Higashikubo

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

General control methods for robots are effective in factory environments where there are no changes in the environment. But, control is difficult at disaster sites where the environment is unknown and subject to change. However, in nature, organisms with small brains are able to live in complex environments because they are able to utilize their own physical characteristics to reduce the burden on their brains.

In this study, we developed a bio-mimetic soft robot that grasps and propels a protruding object only by pulling and loosening a string with a single actuator.

In previous studies, bio-mimetic soft robots that grasp and propel protrusions were developed. In order to solve the problem of difficulty in operability, we attempted to automate the operation of the robot.

Key Words: *automation, octopi behavior, soft robot*

1. はじめに

ロボットを制御するには、様々な制約を設ける必要がある。例えば、工場のような変化の少ない既知の環境の中では、その環境にあった動きをする必要があり、また、それはそんなに難しいことではない。しかし、そういったロボットをいざ実世界で制御をしようとするならば、非常に難しいことであると考えられる。なぜなら、実世界には、複雑な環境が存在したり、常に環境が変化する場合があるからである。

ならば、なぜ生物たちが実世界において、適応的に振舞うことが出来るのだろうか。中でも、自然界における比較的知能の低い生物はどのように振る舞っているのか。これは、身体の特徴を活かし、環境に受動的に適応していることでそれを成し遂げている。つまり、脳による計算を行わず、身体の特徴に委ねていると考えられている[1-7]。

本研究では、生物の中でもタコとクモヒトデに着目している。タコの把持戦略とクモヒトデの歩行戦略[8]を模倣し、シリコーンによるソフトロボットでそれを再現し

た。機体にセンサなどを搭載せず、なおかつサーボモーターでひもを引く・緩めるという動作のみでロボットが突起物を把持し、それを支点にして水平面上を推進するロボットが開発された。しかし、従来機体では、操作性の難しさという点で大きな問題を抱えていた。

今回は、従来機体の操作性の難しさという問題点を解決すべく、マイコンを搭載し動作を自動化し、それに適した機構を設計することで、問題点を改善することを試みた。

2. 従来研究

従来の機体を図 1 に示す。また、従来のシステムの全体図を図 2 に示す。

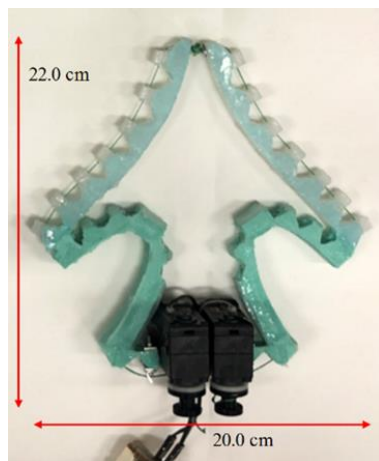


図1 従来機体

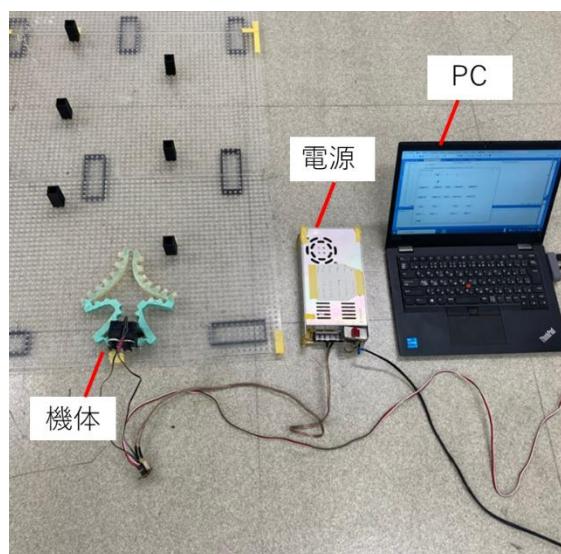


図2 従来システムの全体図

従来の機体では、タコの把持戦略とクモヒトデの歩行戦略を模倣し、突起物を把持して推進することが確認できた。

しかし、腕に接するほど近くの突起物しか把持できないことや、把持するタイミングが人間により個人差が生まれ、動作がうまくいかないなどの問題点があげられる。本研究では、これらの問題の解決を試みた。

3. 提案手法

提案する腕を図3に示す。

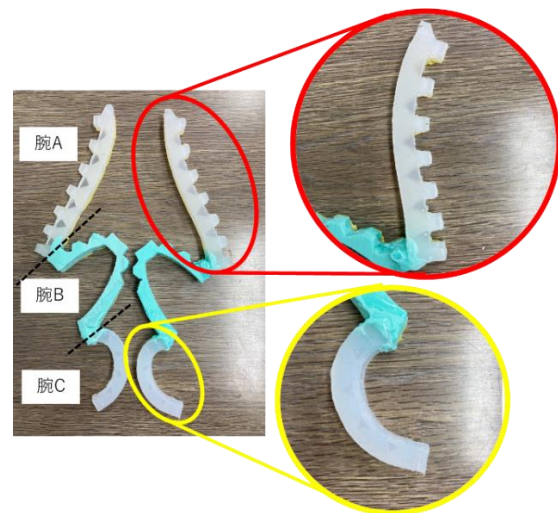


図3 提案する腕

提案する腕は、腕Aをシリコーン30で、腕Bをシリコーン60で、腕Cをシリコーン30で作製した。硬さはシリコーン30<シリコーン60である。図3に示した腕Cには、対数螺旋構造[9]を取り入れた。そうすることで、根元の腕Cが円状に動くとともに、腕全体も同様な軌道を描き、可動域を広げることができた。また、腕を覆いホースの様な構造にすることと、シリコーン60より柔らかいシリコーン30で作製することにより、曲がりやすく、元の形状に戻りやすい腕を実現した。

腕Aには上部のみ膜を作り、弾性力により、腕Aが元の形状に戻りやすいようにした。また、紐を引いた際に、腕Aが曲がるが、上部のみ膜を作ることで腕Aが地面から浮くことで、推進する際の妨げとなる摩擦力を軽減した。腕Aと腕Bの接地面にはマスキングテープを貼り、摩擦力を軽減した。

(1) 使用したモーター、電源、マイコン

今回の機体は電源を機体に直接搭載する必要があるため、電源はニッケル水素充電電池を使用した。これに伴い、以前より小さな電圧で動くモーターが必要であったため、KONDO KRS-3204 ICSを使用した。また、マイコンはArduino UNOを使用した。操作方法はArduino UNOに事前にプログラムを書き込み、電源のスイッチをONにして動作させた。

(2) 提案する機体

図4,図5に提案する機体を示す。

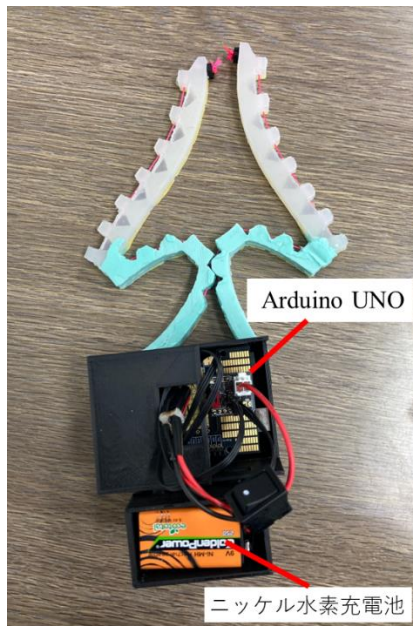


図4 提案する機体の全体図

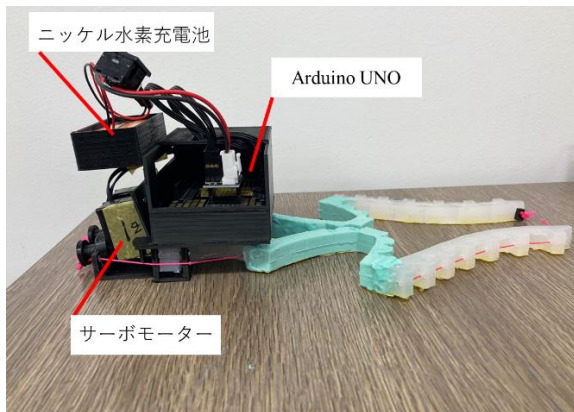


図5 提案する機体の側面図

サーボモーターを支えている土台、マイコン、電池を支えている容器は全て PLA 製で出来ており、3D プリンターにより作製した。また、従来機体との比較表を表 1 に示す。

表 1 従来機体との比較表

		従来機体	提案機体
腕	重量[g]	42.8	48.0
	長さ[cm]	22.0	29.0
	幅[cm]	20.0	17.0
モーター	名称	KONDO KRS-2552 RHV ICS	KONDO KRS-3204 ICS
	最大トルク[kgf・cm]	14.0(11.1V)	9.3(7.4V), 7.5(6.0V)
	寸法[mm]	41×21×30.5	33×15×26
	重量[g]	41.5	27.2
	電源電圧[V]	9-12	6-7.4
電源	名称	直流安定化電源12V	ニッケル水素充電電池9V
操作方法	名称	PC	Arduino UNO

4. 実験

(1)腕の可動域

従来機体の操作性の難しさという問題点の一つに、腕の可動域の狭さがあげられる。新しい腕の機構による可動域の変化を確かめるために以下のような実験を行った。

実験の様子を図 6 に示す。図 6 のように突起物と把持部の腕 A の根本との距離を変えていき、測定した。実験結果を表 2 に示す。

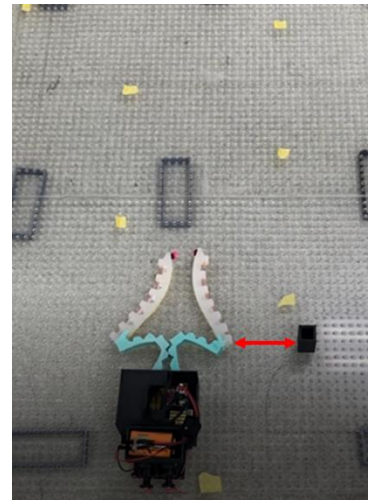


図6 可動域の実験の様子

表 2 可動域の実験結果

腕との距離[cm]	実験結果
1	可能
2	可能
3	可能
4	可能
5	可能
6	可能
7	可能
8	可能
9	不可能

表 2 のように腕との距離が 1[cm]~8[cm]は把持が可能であり、9[cm]以降は把持が不可能であった。

(2)自動化による推進実験

突起物をある間隔に配置し、電源スイッチを ON にしたあと、自動で推進できるかの実験を行った。また、初期位置は腕 A の根本部分と突起物の距離を 3[cm]で固定し、プーリーの端（機体の最後部）を環境に用いているアクリル板の端に合わせて静止させてから行った。その時の実験の様子を図 7 に示す。また、図 7 では、突起物間の距離を横 14[cm]、縦 12[cm]の間隔にして行った。

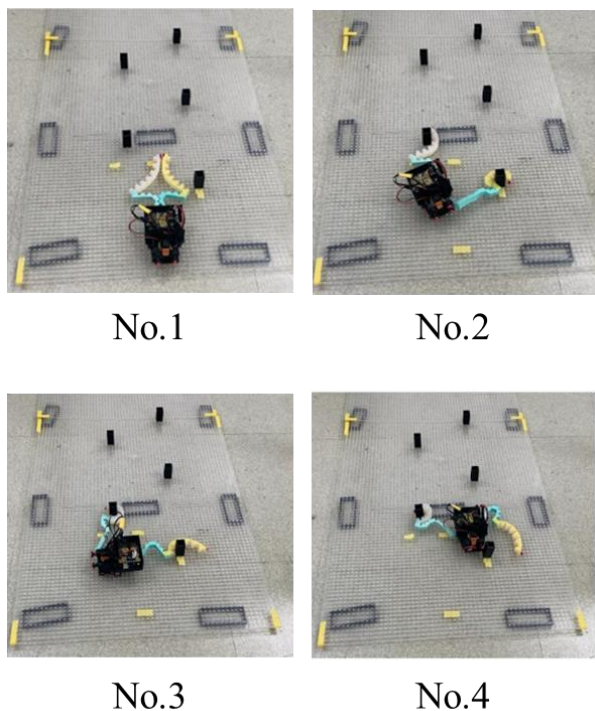


図7 推進実験

図7のように突起物の2つ目までは推進が可能であったが、それ以降は不可能であった。

5. 結論

本研究では、タコの把持戦略とクモヒトデの歩行戦略を模倣したソフトロボットを作製した。従来機体において大きな問題点であった、操作性の難しさを解決すべく、腕の機構設計、自動化を行い解決することを試みた。新たな腕の機構で、可動域を広げ、操作性の難しさの一部分は改善された。しかし、把持し、推進する際に逆の静止している腕が前について来ず、次の突起物に届かないという事象が見受けられた。また、突起物の距離感が近すぎると、突起物に腕が引っかかってしまい、推進の妨げになってしまうことが分かった。

謝辞：最後に、本研究に際して多大なるご指導、ご協力をいただいた法政大学理工学部伊藤一之教授、伊藤研究室の方々に心から感謝申し上げます。また、今後の皆様のご健闘を願うとともに、法政大学における各研究において、本論文がほんのわずかながらでも参考になればと願うものであります。

参考文献

- 1) 伊藤一之, 大須賀公一, 石黒章夫 “実世界の性質を利用した知覚と制御” 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.7, pp.807-811, 2006
- 2) 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

- 3) S. Tadokoro, “Technical challenge of rescue robotics,” Journal of the Robotics Society of Japan, Vol. 28, No. 2, pp. 134–137, 2010
- 4) H. Miyanaka, N. Wada, T. Kamegawa, N. Sato, S. Tsukui, H. Igarashi, F. Matsuno, “Development of an unit type robot [KOHGA2] with stuck avoidance ability” Proceedings of IEEE International
- 5) S. Takaku, K. Mamiya and K. Ito, "TAOYAKA-S III : Soft multi-legged robot for climbing unknown columnar objects : Realization of self-contained mechanism", 2021 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS), Tokyo, Japan, 2021, pp. 236-241
- 6) 齋藤明日希, 永山和樹, 本間義大, 青柳龍志, 伊藤一之, 大道武生, 芦澤伶史, 松野文俊 “三次元環境を移動可能な多腕型ロボット-身体の柔軟性を利用した未知環境への適応-” 計測自動制御学会論文集, 2018 年, 54 巻 9 号, p.695-704
- 7) 大須賀公一, “モデルベース制御からダイナミクスベース制御へ：ロボットにおける「表モデル」と「裏モデル」” 一般社団法人システム制御情報学会, 1999 年, 43 巻 2 号, p.94-100
- 8) 加藤剛史, 石黒章夫 “クモヒトデに学ぶレジリエントな振る舞いの設計原理” 計測と制御, 2015 年, 54 巻 4 号, p.254-259
- 9) 三浦 憲二郎, 臼杵 深, 關根 惟敏 “アルキメデス螺旋, フェルマー螺旋, リチューズ螺旋, および双曲螺旋を含む代数螺旋の提案とその性質” 精密工学会学術講演会講演論文集, 2019 年, p.679-680