

円形ソフトロボットにおける高度跳躍のための変形機構と弾性外殻構造

○勝間達郎（立命館大学） 松野孝博（立命館大学） 平井慎一（立命館大学）

1. 緒言

現在の不整地走行ロボットは、クローラ機構や脚機構を有するロボットが主である。しかしこれらの機構は複雑かつ巨大であり、姿勢を崩した時には人的被害が発生する恐れがある。この問題を解決するため当研究室では、弾性外殻を変形させて跳躍移動する円形ソフトロボットを提案している。円形ソフトロボットは外殻変形によって跳躍量が異なり、跳躍量が最大になる外殻変形は図 1 に示す dish shape になることが確認されている[1]。先行研究では早戻り機構によって直径 200 mm の外殻を dish shape に変形させ、35 mm の跳躍を実現した [2]。しかし障害物を超えるには、更なる跳躍量の増加が必要である。本論文では新機構をする。さらに、提案と跳躍実験を行い、先行研究における跳躍量と比較をする。

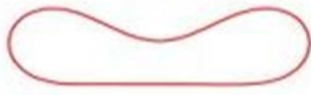


図 1 dish shape

2. 円形ソフトロボット

本研究で開発した円形ロボットを図 2 に示す。円形ソフトロボットは、円形の板バネ鋼 (SUS301) 3 本で形成した弾性外殻構造と変形機構によって構成したロボットである。モータを回転させることでリンクが回転し、外殻を dish shape に変形させる。ロボットの外殻が自然状態に戻るとき、円形ソフトロボットは跳躍する

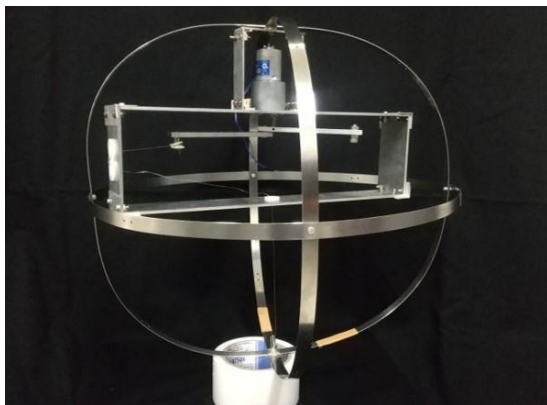


図 2 円形ソフトロボット

3. 変形機構

提案する変形機構を図 3 に示す。変形機構のリンクアームをそれぞれ従動節、原動節と定義する。原動節先端にストッパーが設けられており、一定量以上回転すると従動節と接触し、この間は原動節と従動節は共に回転する。糸は従動節から側面部の穴を折り返したのち、中央部から弾性外殻構造の下部へ繋がっている。

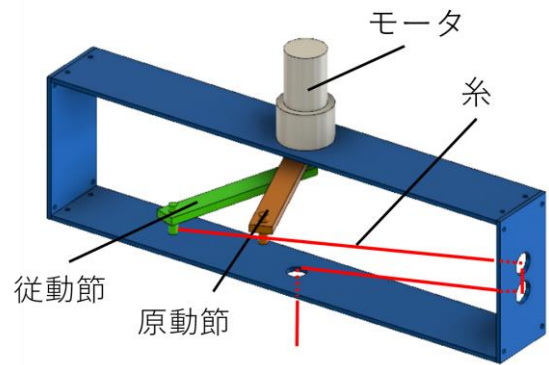


図 3 変形機構

変形機構の動作を図 4 に示す。初期状態において図 4①に示す通り、原動節と従動節が接触している。モータを回転させると原動節と従動節が共に回転し外殻が変形する。図 4③は従動節がストッパーから離れる直前の状態であり、臨界点を超えると図 4④の通り従動節が回転し糸が解放される。糸の解放速度はモータの回転速度から独立しているため、跳躍時は変形機構が弾性外殻構造への変形に影響を与えない。

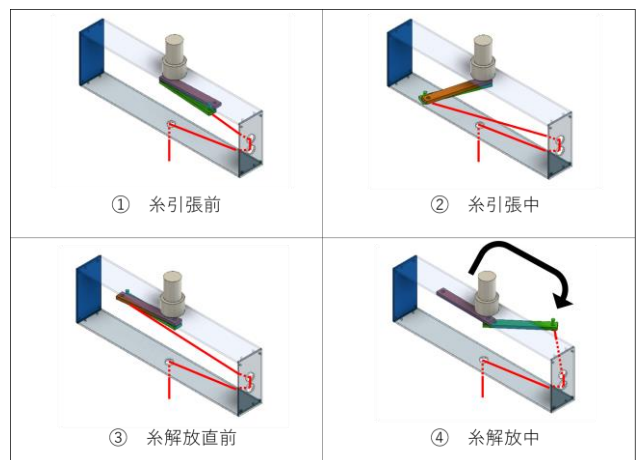


図 4 変形機構の動作 (ISO 図)

4. 円形ソフトロボットの跳躍実験

4.1 実験目的

本実験では、提案する変形機構を用いた円形ソフトロボットの跳躍量を計測し、先行研究における跳躍量と比較する。また、板厚の異なる2種類の板バネ鋼で跳躍実験し、跳躍量の差異について検証する。

4.2 実験環境

円形ソフトロボットは、直径 400 mm、リンク長さおよび回転軸長さは 100 mm, 90 mm である。モータは、ツカサ電工社製(TG-47G-SG-1000-HA)を使用した。比較実験で用いる弾性外殻構造を、板厚の違いごとにそれぞれ A, B と呼ぶ。弾性外殻構造 A, B の詳細を図 5、板バネ鋼の板厚および重量を表 1 に示す。糸が通る穴にはそれぞれ樹脂製の部品を取り付け、摩擦の軽減を図った。

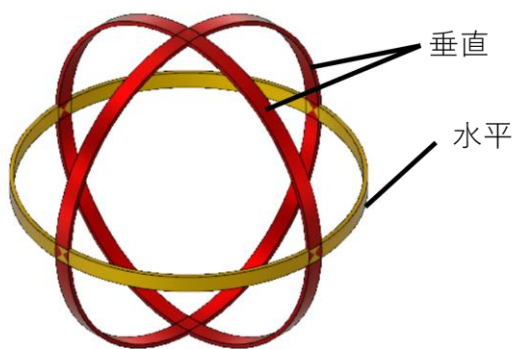


図 5 弾性外殻構造の詳細

表 1 比較する円形ソフトロボット

	A	B
全質量	913 [g]	1018 [g]
板厚 (垂直)	1.0 [mm]	0.7 [mm]
板厚 (水平)	0.7 [mm]	0.5 [mm]

4.3 実験結果

今回の跳躍実験の結果を図 6 に示す。跳躍量は A が 260 mm, B が 30 mm であった。

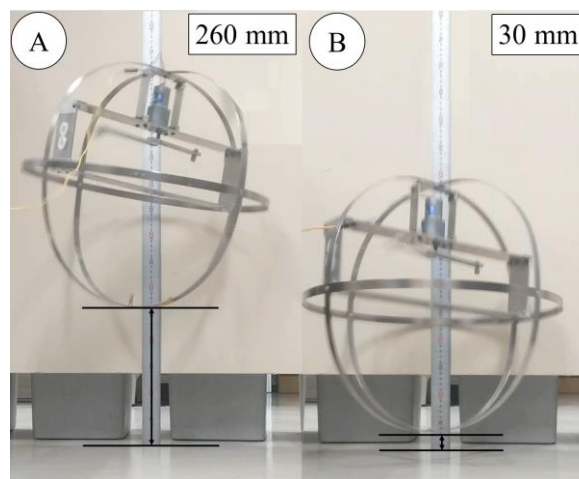


図 6 各外殻構造における跳躍実験

4.4 考察

弾性外殻構造 A は B に比べて弾性エネルギーが多く蓄えられたことで、跳躍量の増加に繋がったと考えられる。そして先行研究に比べて高度跳躍を実現した要因として、提案した変形機構を用いたことで弾性外殻構造により多くのエネルギーを蓄えられたこと、蓄えられたエネルギーが少ない損失で跳躍に変換されたことが挙げられる。

5. 結言

本論文では、板バネで形成した弾性外殻構造と dish shape への変形を実現する変形機構を組み合わせた円形ソフトロボットを製作した。円形ソフトロボットの跳躍実験の結果から、提案した変形機構の評価をした。跳躍実験の結果から、板厚 1.0 mm の板バネで構成される弾性外殻構造では、260 mm の跳躍をした。今後は変形機構の軽量化とリンク長さの延長で、跳躍量の増加を図る。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19H05337 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Y. Matsuyama and S. Hirai, "Analysis of Circular Robot Jumping by Body Deformation," Proceedings of 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Rome, Apr. 2007, pp. 1968-1973.
- [2] M. Miyazaki and S. Hirai, "Jumping via Robot Body Deformation Mechanics and Mechanism for Higher Jumping," Proceedings of 11th Int. Conf. Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, Coimbra, Sept. 8, 2008, pp.373-380.