

受動関節を用いた多連結クローラーロボット 軽量化による走破性の向上

Multi-connected crawler robot with passive joints
Improvement of mobility by weight reduction

久慈 歩夢

Ayumu KUJI

指導教員 伊藤一之 教授

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 this study, a conventional rescue robot was modified to improve its mobility. Conventional robots were heavy and had a problem of wheels off due to interference between the parts fixing the wheels and crawler protrusions. To solve this problem, this study improved the mobility while reducing the weight of the machine body. In addition, the crawler plate protrusions and the crawler plate were integrated. Experiments have confirmed that the machine's mobility is better than that of conventional machines and that the crawler does not wheel off.

Key Words : *Passive joint, Rough terrain, Crawler Robot*

1. はじめに

建設・点検保守、農林業、災害救助活動など、ロボットの活躍が期待される範囲が、未知で複雑な環境へと拡大して来ている。そのような環境に適応するため、多自由度を有するロボットが開発されている。しかし、自由度が多くなるにつれ、処理しなければならない情報が増えてしまう問題があり、操作性を考慮したユーザーインターフェースや、操作を補助するための半自律制御系の開発が求められている。この課題に対し、従来研究では、生物の持つ柔らかさに着目し、環境と身体との相互作用で適応的なふるまいをするロボットを作成してきた。これにより、センシングする情報量を大幅に削減することができ、簡単な操作または簡単な制御で複雑な道環境の中で移動可能であることが確認されている。

本研究では、この中でも連結クローラーロボットに着目し、連結部に柔軟な関節を有したクローラー型ロボットを提案した。このロボットは環境に合わせて受動的に関節が適応するため、操縦者の特別な操作なしに瓦礫の走破が可能であると報告されている。しかし、この従来の連結クローラーロボットは重量が大きく、履板突起と車輪が干渉してしまい脱輪する課題があった。

本研究ではこの課題を解決するため、実用化を視野に走破性の向上と履板突起と履板が一体化したロボットを作成する。そして、4つの環境で実験を行い、走破性能を確認する。

2. 提案機構

今回作成したロボットを Fig.1 に示す。



Fig.1 提案ロボット

機体はプーリーを搭載したプーリーモジュールと荷物積載可能な基本リンク 3 つの計 4 リンクから構成されている。以下の Table.1 にリンクのパラメータを示す。

Table.1 機体のパラメータ

	Proposed robot	Previous robot
Length[cm]	45	57
Height[cm]	15	20
Width[cm]	23	23
Weight[kg]	4.85	3.4
The number of Motor	4	4
The number of Battery	1	1

このロボットは容易にリンクを増やすことができ、リンクを増やすことで走破性能を向上させることができる。また、リンクは柔軟な関節で接続されており、環境の凹凸に合わせて受動的に動くことができる。

Fig.2 に提案したロボットのリンクと受動関節を示す。

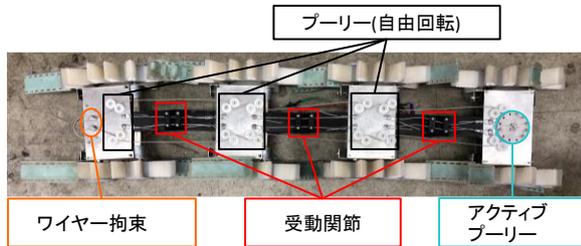


Fig.2 提案したロボットのリンク

ロボットは両端にワイヤーが通されており、ワイヤーの前端はバックリンク、後端はアクティブプーリーに固定されている。関節が柔軟であるため、ワイヤーの制約の範囲内で自由に動くことができる。また、アクティブプーリーはサーボモーターで回転させることができ、Fig.3 に示すように機体の左右に通しているワイヤーの長さを変更することができる。アクティブプーリーワイヤー回りに回転させるワイヤー体の左側にあるワイヤーが巻き上げられ、機体は右に曲ることがワイヤー(Fig.4)。これにより、オペレータはアクティブプーリーを使用して進行方向を操作可能である。

また、機体は履板の干渉によるデッドロックを防ぐため、リンク間にワイヤーを取り付けている(Fig.5)。

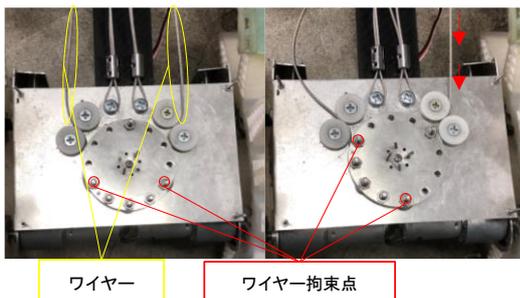


Fig.3 アクティブプーリーの動き

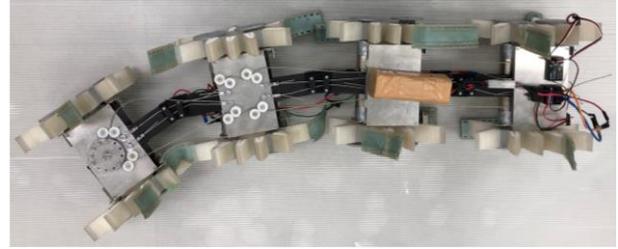


Fig.4 旋回運動の例

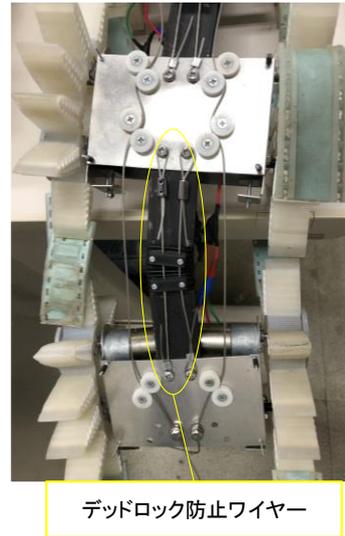


Fig.5 デッドロック防止のワイヤー

Fig.6 に示すようにロボットが障害物、段差、くぼみや隆起等に接触したとき、受動関節は環境からの反力で受動的に動き、適応的に回避する。

さらに、Fig.3 のようにワイヤーが巻き取られている状態でも、関節はワイヤー拘束の範囲内で受動的に動くことができる。したがって、障害物を回避しつつ目的の方向に移動することができる。

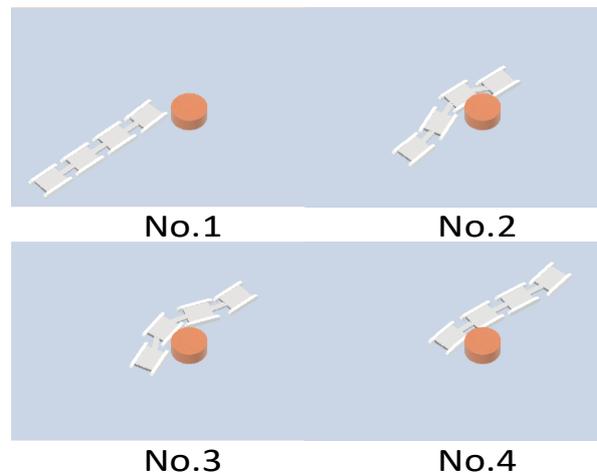


Fig.6 自律的な障害物回避

また、本機体では従来機体で課題であった履板突起の固定部品と車輪が干渉してしまう点を解決するため、履板と履板突起を一体化させた。Fig.7 に作成した突起を有する履板を示す。

履板はシリコンとプラスチックで作成されており、シリコン製の突起の内部にプラスチック製の補強材を挿入することで、履板のゆがみを防止している。



Fig.7 突起を有する履板

履板が伸縮するため、Fig.8 に示すように履板のたるみを調節する機構を機体側面パーツに付けた。車輪軸を通してのベアリングに取り付けた L 字型の金具の位置をボルトで調節することで車輪間の距離を調節することができる。これにより、履板の締め付けが弱いため履板が脱輪することも、逆に締め付けが強くなりエネルギーをロスしない適切な履板のたるみを固定することができる。



Fig.8 履板たるみ調節機構(機体側面パーツ)

それに加え、車輪形状を Fig.9 に示す。履板が外れないよう、車輪の形状はダブルヘリカルギア(Double Helical Gear)を採用している。これにより、履板が回転軸方向にずれることなく動作することができる。

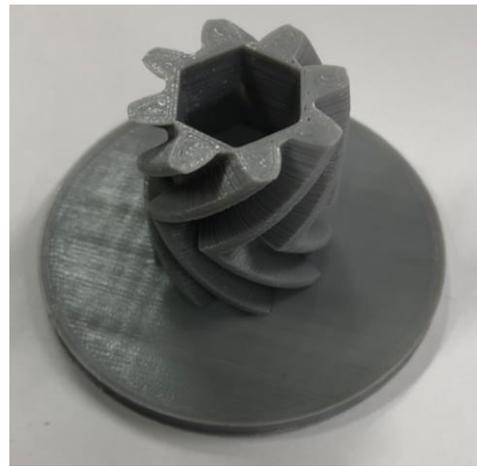


Fig.9 車輪

3. 実験

提案機構の走破性を確認するため、階段、溝、段差、不整地の 4 つの環境で走行実験を行った。

(1)階段

初めに、30 度の勾配の走行実験を行った。Fig.10 に実験結果を示す。

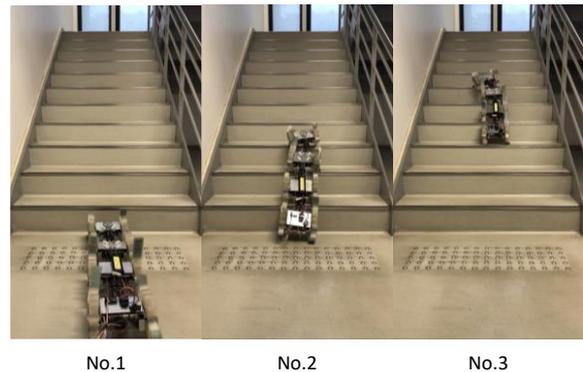
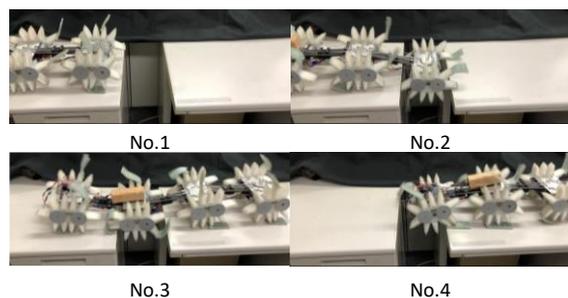


Fig.10 階段走行実験

実験より、ロボットが勾配 30 度の階段を走破可能なことが確認された。また、オペレータは進行方向のみ操作し関節が適応的なふるまいをしていることが確認された。

(2)溝

次に、溝の走行実験を行った。溝の幅は 25cm とした。Fig.11 に実験結果を示す。



No.3

No.4

Fig.11 溝走行実験

実験より、ロボットが 25cm の溝を走行可能なことが確認された。

(3)段差

次に、段差の走行実験を行った。段差の大きさは、高さ 30cm とした。

Fig.12 に実験結果を示す。

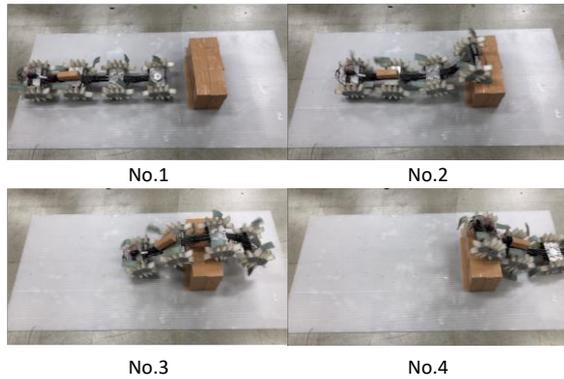


Fig.12 階段走行実験

実験より、ロボットが 30cm の段差を走行可能なことが確認された。

(4)不整地

次に、不整地での走行実験を行った。Fig.13 に実験結果を示す。

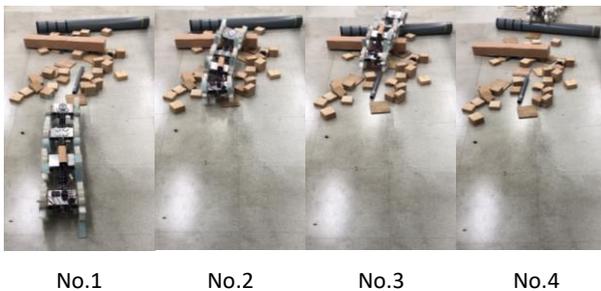


Fig.13 不整地走行実験

実験より、不整地を走行可能なことが確認された。

4. 結論

本研究では従来の連結クローラーロボットを改良し、走破性の向上と履板突起と履板が一体化したロボットの開発を行った。開発したロボットの有用性を実証するために階段、溝、段差の実験を行い、走破性能の向上を実証した。また、進行方向と左右の 2 次元の操作のみで、環境に適応的に動作することが確認できた。

5. 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、伊藤研究室の方々から感謝いたしております。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室において、本論文がほんの僅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)R. R. Murphy et al., "Search and rescue robotics," in Springer Handbook of Robotics, B. Sciliannopp et al., Eds. 1151–1173, 2008.
- 2)A. Kamimura, H. Kurokawa, "High-step climbing by a crawler robot DIR-2 - realization of automatic climbing motion -", Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on, 618–624, 2009.
- 3)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 Conference on Robotics and Automation, 3877–3882, 2007.
- 4)E. Rohmer, K. Ohno, T. Yoshida, K. Nagatani, E. Konayagi, S. Tadokoro, "Integration of a sub-crawlers' autonomous control in Quince highly mobile rescue robot", 2010 IEEE/SICE International Symposium on, System Integration (SII), 78–83, 2010.
- 5)L. Shao, B. Guo, Y. Wang, "An overview on theory and implementation of snake-like robots," IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2015), Aug. 2015, pp. 70-75, ISSN: 2152-7431
- 6)S. Murata, H. Kurosawa, "Self-Reconfigurable Robot," IEEE Robotics & Automation Magazine Vol. 14, Dec. 2007, pp. 71-78, ISSN: 1070-9932
- 7)K. Ito and H. Maruyama, "Semi-autonomous serially connected multi-crawler robot for search and rescue," Advanced Robotics", Vol. 30, No. 7, pp. 489-503, 2016.
- 8)M. Mizutani, H. Maruyama, and K. Ito, "Development of autonomous snake-like robot for use in rubble," Proc. IEEE Int. Conf. Safety, Security, and Rescue Robotics, IEEE Press, Nov. 2012, pp. 1-7, doi: 10.1109/SSRR.2012.652388
- 9)Y. Yokokohji, "Interface design for rescue robot operation-introduction of research outcomes from the human-interface group of the DDT project," J. Robot. Soc. Japan, vol. 22, no. 5, 2004, pp. 566–569. 2012, pp. 1–7, 2012.