

大型インフラの点検保守を目的とした モ ジュラーロボットの開発

佐藤, 雄治 / SATO, Yuji

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014176>

大型インフラの点検保守を目的とした モジュラーロボットの開発

SEMI-AUTONOMOUS MODULAR ROBOT FOR MAINTENANCE AND INSPECTION

佐藤雄治

YUJI SATO

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 research, we developed a modular robot by improving our previous rescue robot. The previous robot has many serially connected crawlers to realize high mobility. However, the number of the crawler units was fixed and the operator could not customize the robot for the given task. In this research, we modularized our previous robot to solve this problem. We conducted experiments and demonstrated that the proposed robot can be applied to various search tasks by changing its formation.

Key Words : Robot, Rescue robot, Module, Passive mechanism.

1. はじめに

近年、工場やビルといった大型インフラの点検保守がロボットにとって、重要な役割となっている。このような環境で活躍するロボットは災害時に二次災害の危険性のある環境で探索や救助任務に転用されている[1-4]。連結クローラー型ロボットはこのようなタスクに対応可能なロボットの一つとして期待されている[5-8]。このロボットは複数のクローラーを利用することにより、溝、段差、階段、瓦礫の走破が可能となり、ロボットの形が細長い機構であるため、狭小空間の侵入に適している。

しかし、連結クローラー型ロボットは関節部に複数のアクチュエーターを有しているため、複雑な動作が求められる環境では、アクチュエーターの制御が困難となり、操作性に問題がある[1-6]。我々の研究室では、この問題を解決するために、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[7-8]。

しかし、この従来の連結クローラー型ロボットはプロトタイプであるため、関節部の取り外しができない機構であり、操縦者は環境やタスクに合わせて、ロボットを改良することが困難である。

本研究ではこの問題を解決するため、従来の連結クローラー型ロボットを改良し、様々な環境に適応可能なモジュールロボットの実現を目標とした。提案したロボットの実証を行い、モジュールを組み合わせることで、点検保守やレスキューロボットとして探索や救助任務に適

応可能であることを示す。

2. 提案手法

本研究では従来の連結クローラー型ロボットの各リンクをモジュール化した機構を提案する。Fig.1にの基本モジュールを示す。

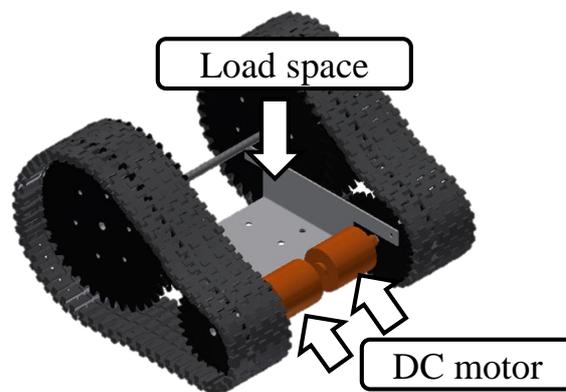
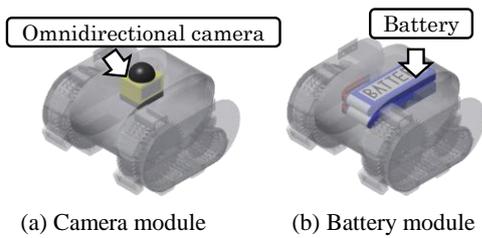
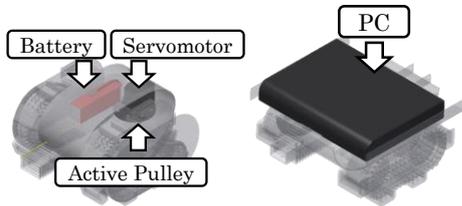


Fig.1 基本モジュール

Fig.1より、基本モジュールは両側にクローラーを有しており、各クローラーはそれぞれ独立したDCモーターによって回転する。基本モジュールはロードスペースを設けているため、Fig.2, Table.1が示すように、カメラモジュール、バッテリーモジュール、プーリーモジュール、PCモジュールといった、様々な装置を搭載可能である。また、モジュールを組み合わせることにより、ロボットの対応可能なタスクは拡大すると考えられる。



(a) Camera module (b) Battery module



(c) Pulley module (d) PC module

Fig.2 モジュールの種類

Table 1 モジュールの仕様

	Camera module	Pulley module	Battery module	PC module
Length [cm]	25	25	25	25
Height [cm]	15.5	15	15	12.5
Width [cm]	23	23	23	24.5
Weight [kg]	2.2	2.2	2.2	2.6

バッテリーを搭載したモジュールは単体の走行が可能になる。Fig.3 に示すように、両側に搭載したクローラーの回転速度の変化により、進行方向を決めることが可能である。これらのクローラーは無線コントローラーを用いて手動で操作される。



Fig.3 1 モジュールの旋回機構

Fig.4 に示すように、各モジュールは柔軟な関節を用いて接続され、関節部の取り外しが容易な機構を提案する。

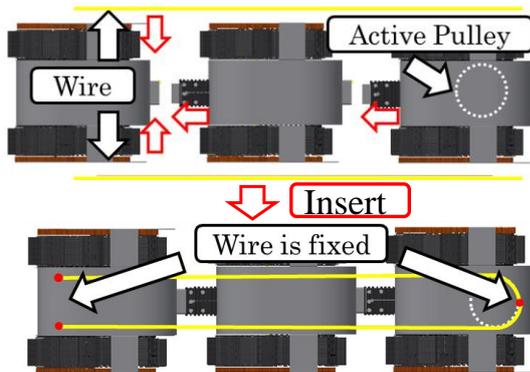


Fig.4 連結モジュールロボット

複数のモジュールを連結することにより、機動性が向上し、様々な環境の走行が可能になる。また、センサーやPCをモジュールに搭載させることにより、ロボットは自律的に走行可能な機能を有する。

複数のモジュールを連結したロボットは Fig.5 に示すように、進行方向が制御される。

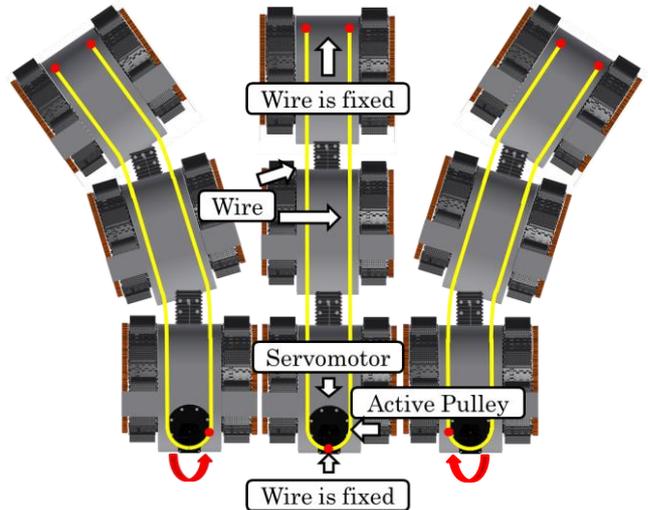


Fig.5 連結モジュールロボットの旋回機構

Fig.4, Fig.5 が示すように、ロボットの両端にワイヤーが搭載されている。これらのワイヤーは先頭モジュールと最後尾に搭載されている、アクティブプーリーに固定され、アクティブプーリーに取り付けたサーボモータを制御することで左右のワイヤーの長短を制御する。関節が柔軟であるため、右(左)側のワイヤーが引かれた場合、ロボットは右(左)に湾曲する機構である。

Fig.6 に示すように、関節が柔軟に動くことにより、障害物と接触した際、関節が反力を受け受動的に湾曲するため、特別な操作なしにロボットは障害物を回避することが可能となる[7-8]。

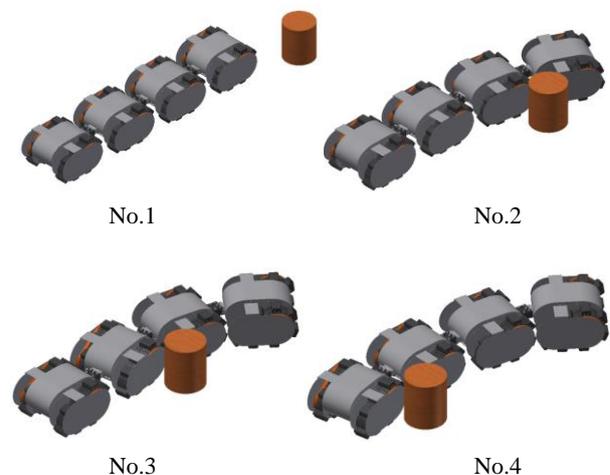
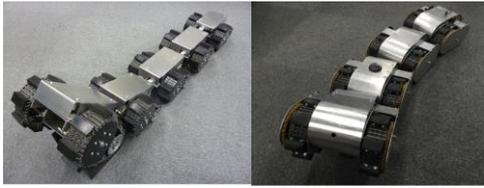


Fig.6 障害物回避

Fig.7 に従来機構，4 モジュールの提案機構を示す。



(a) 従来ロボット (b) 提案ロボット

Fig.7 従来ロボットと提案ロボット (4 モジュール)

Fig7 に示す提案機構はバッテリーモジュール，カメラモジュール，ブリーモジュールによって構成されている。

3. 実験

提案機構の機動性を確認するために，段差，溝，旋回の実験を行い，Table2 にモジュールの連結数を増加した場合の実験結果を示す。

Table 2 実験結果

	One module	Two modules	Three modules	Four modules
Bump [cm]	5	15	20	25
Dent [cm]	15	20	25	25
Minimum turning radius [cm]	0	30	40	50

Table2 より，モジュール数の少ないロボットは旋回能力が高く，狭小空間の侵入に適しており，モジュール数の多いロボットは高い機動性を有しているため，段差や溝の走破に適していると考えられる。

次に提案したモジュール機構の性能を確認する実験を行った。初めに，ビルや工場の天井裏の点検保守を想定した実験を1モジュールロボットで行い，Fig.8 に実験結果を示す。



(a) 1 モジュールロボット (b) 天井裏の入り口



(c) 入り口からの映像 (d) ロボットからの映像

Fig.8 天井裏走行実験

このモジュールロボットはLED ライトを2つ，全方位カメラを1つ搭載している。実験より，1モジュールロボットはサイズが小さいため，持ち運びが容易であり，天井裏のような狭小空間の点検保守に適していると考えられる。

次に，災害時を想定し，瓦礫を設置した階段走行実験を4モジュールロボットで行い，Fig.9 に実験結果を示す。



No.1

No.2



No.3

No.4



No.5

No.6

Fig.9 階段走行実験

実験より，このロボットは高い機動性を有していることを確認できた。柔軟な関節は環境に受動的に適応し，操縦者は進行方向の操作のみ行った。このことから，提案機構は高い機動性を有しているとともに，操作性が容易であるため，災害時の探査や救助任務の役割に適していると考えられる。

最後に，災害時の自律探索を想定し，瓦礫を走破し赤い目標物を追従する実験を4モジュールロボットで行った。このロボットはFig.10 に示すように，カメラモジュール，PCモジュールを有しており，自律走行が可能な機構となっている。Fig.11 に実験結果を示す。



Fig10 4 モジュールロボット

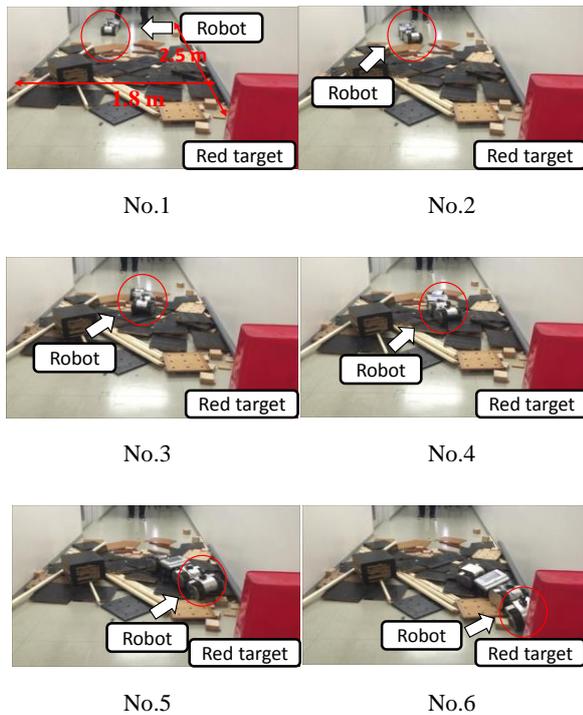


Fig.11 自律走行

実験より、提案機構は瓦礫を走破し、赤い目標物を自律的に追従することを確認できた。

4. 結論

本研究では従来の連結クローラー型ロボットを改良し、様々な環境に適応可能なモジュールロボットの実現を目標とした。提案機構は操縦者がタスクや環境に合わせてロボットの組み替えが可能になった。

提案機構の有用性を示すために、プロトタイプを開発した。実験より、対応可能なタスクは従来のロボットと比較すると劇的に増加した。モジュールを組み替えることにより、モジュール数の少ないタイプは点検保守に適しており、多いタイプではレスキューロボットとして探索や救助任務に適していることが確認できた。

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," [Online]. Available from: <http://www.trandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01691864.2015.1122553/2016.01.08>
- [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.