

履帯上での進行波生成により全方向移動可能なクローラ機構

Omnidirectional Track Mechanism Using Traveling Waves on the Crawler Belt

○正 渡辺 将広* 学 林 聡輔* 学 清水 杜織*
 学 高根 英里* 正 多田 隈 理一郎†
 正 多田 隈 建二郎* 正 昆陽 雅司* 正 田所 諭* (*東北大) (†山形大)

Masahiro WATANABE, Tohoku University, watanabe.masahiro@rm.is.tohoku.ac.jp
 Sosuke HAYASHI*, Tori SHIMIZU*, Eri TAKANE*, Riichiro TADAKUMA†,
 Kenjiro TADAKUMA*, Masashi KONYO*, Satoshi TADOKORO*
 *Tohoku University † Yamagata University

In this paper, we proposed a planar omnidirectional crawler mechanism for the mobile basis of search and rescue robots. Several omnidirectional mechanisms have been proposed, however, few planar omnidirectional tracks have been studied. To realize these tracks, two types of mechanisms are proposed by using a crawler belt generating traveling waves. The prototype mechanisms were fabricated, and the effectiveness of the proposed principle of the omnidirectional transmission was verified.

Key Words: Mechanism, omnidirectional track, traveling wave

1. 緒言

災害対応やその復旧作業において安全かつ迅速に目的地にアクセスし、遠隔操作で情報収集や救助作業を行うロボットが求められている。現場では、ぬかるんだ軟弱地や瓦礫上など脆弱地上の移動、小回りの良さが要求される狭隘部の移動が求められる。しかし、移動機構として、車輪や脚型ロボットは軟弱地での走行が困難であり、体節型や UAV はペイロードに制約がある。また、従来のクローラ機構は移動方向切替えのためのスペースを必要とすることや、旋回時に軟弱地にめり込むこと、瓦礫を崩す恐れがあることや環境を傷つけやすいことが課題となっている。

そこで、当研究室では面状全方向移動機構を考案・具現化してきた[1]。前述の問題を解決可能な、面接地による接地圧の分散と任意方向移動を実現した。一般に、面状全方向移動機構は断面が非円形な構造であり、履帯の表面を2軸に動かす駆動機構が必要である。そのため、後述する円形断面構造を有し軸方向推進と軸まわりの回転による推進で全方向移動を実現する機構[2][4]とは駆動方式が異なるものである。現在でもこのような面状の全方向移動機構そのものの実現例は極めて少なく、その機構を網羅的に具現化し体系化を進めることは、不整地走行を十分にこなせるメカニズムの究明という点で意義があると考えられる。

このような背景のもと、本論文では当研究チームがこれまで開発してきた全方向移動機構の拡張・展開という観点から、面接地で全方向移動が可能な機構の再検討を行った(図1)。本稿ではその中でも、履帯そのものを進行波生成ユニットで構成することにより、全方向移動を実現する機構を考案した。そして、試作実機で基本的な動作原理の検証を行った。

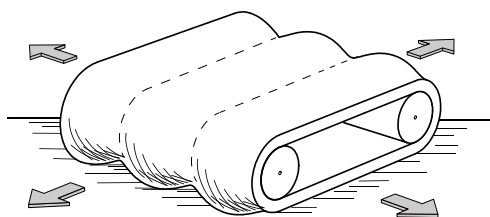


Fig. 1 Basic concept of the omnidirectional track mechanism



Fig. 2 Wave wheel mechanism using pneumatics [2]

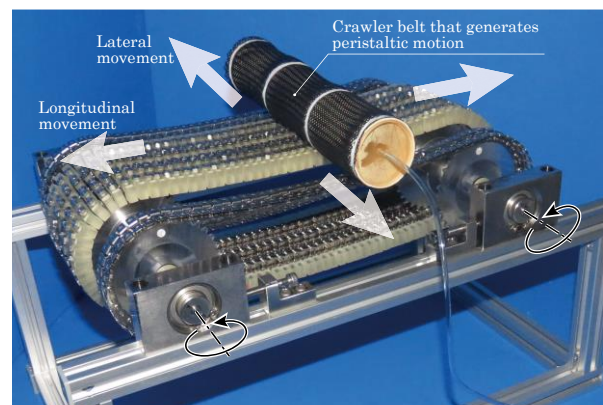


Fig. 3 Overview of the proposed prototype wave crawler mechanism using pneumatics

2. 波動クローラの特徴と構成例

2.1 波動クローラの特徴

波動は無限回転とは異なり、疎密波や横波のような上下左右の往復を主とした運動である。このため、軸を有する機構のような回転による巻き込みが生じにくい利点がある。このことから、履帯全体をカバーで覆うことも可能になるため、従来の無限軌道のみで構成した全方向移動機構に比べ、容易に防塵・防水性の向上が望めると考えられる。

2.2 流体駆動による波動伝播方式

流体圧を用いた駆動と履帯駆動を活用した全方向クローラを考える。その利点としては、流体がもつ柔軟性によって対地

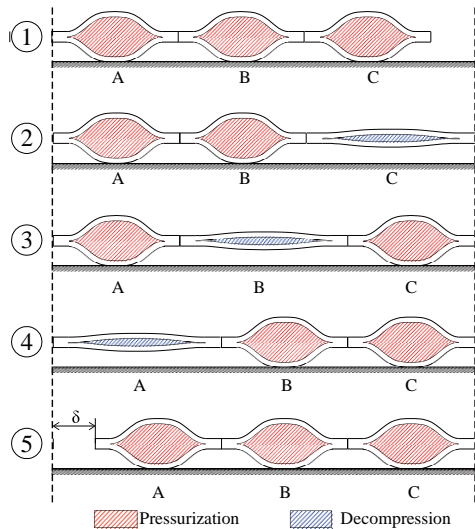


Fig. 4 Propulsion method using peristaltic motion

適応性・耐衝撃性の向上や、ポンプなどの駆動源を任意に配置可能ということが挙げられる。

当研究チームでは、これまで波動伝播と車輪の回転を組み合わせることで全方向移動を実現する方法として、波動伝播ホイールを考案してきた(図2)[2]。空圧の各圧力室への順次加圧で実現されるぜん動運動による軸方向移動と、車輪によるその直交方向への移動を実現した。

この機構を規範とし、クローラ機構への拡張を行った。ぜん動運動単一ユニットを搭載した試作実機を図3に示す。この構成から、ユニットに空気を供給するチューブがスプロケット駆動時にねじれるため、その防止の機構が必要であり、また履帯上で駆動に関与したいユニットへの空気の供給を断つ機構の必要性が明確となった。

なお、波動による推進原理は図4のようになる。履帯は、空圧によって収縮膨張するユニットを3つ以上連続させた構成であり、一般的な蠕動運動を活用した機構[3][4]と同原理である。アクチュエータはMckibeen型ゴム人工筋[5]だけでなく、Plated muscle[6][7]などが考えられ、推進量、耐久性、空気消費量、形状など履帯に適した構造の選定・設計が必要となる。

2.3 リンクによる波動伝播方式

波動伝播方式として、リンクと螺旋軸の活用する方法がある[8]。当研究室では、これまでリンク式の伝播ホイールを考案してきた(図5)[9]。この機構を無限軌道に拡張する方法として、ラックチェーン機構の活用が考えられる(図7)[10]。その機構は、無限履帯上にロール・ピッチ・ヨーの3軸のどの方向でも出力時を設けることが可能になるため、図6の波動伝播ユニットをスプロケット軸と平行に配置する場合には、図7のピッチ軸出力型の活用が具現化方法の一例となる。この試作実機から、波動伝播ユニットが履帯の円弧部でも滑らかに動作する固定方法の検討や、伝達機構による動力損失を抑える構成の必要性が明確となった。

3. まとめと今後の予定

履帯上での進行波生成により全方向移動を実現可能なクローラ機構として、空圧駆動方式とリンク方式の駆動原理を考案した。考案原理に基づいて単ユニットの試作を具現化し、基礎的な駆動機能の可能性を示した。

今後は駆動機構の詳細設計を行い実機に基づく動作原理の検証実験に取り組むとともに、面状全方向駆動機構の体系化を進めていく。



Fig. 5 Wave wheel mechanism using helical shafts [4]

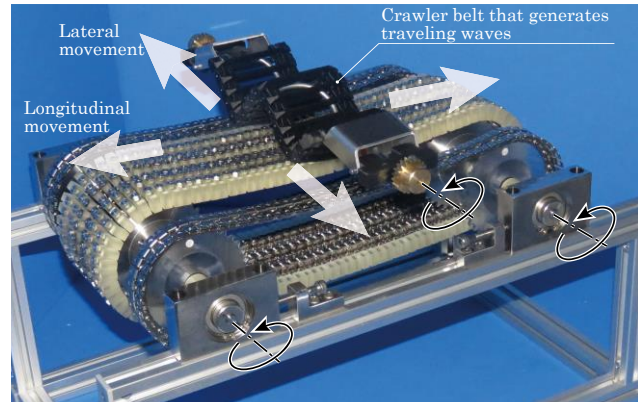


Fig. 6 Overview of the proposed prototype wave crawler mechanism using a helical shaft

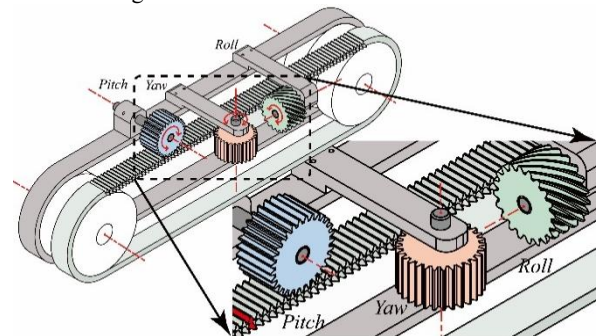


Fig. 7 Rack chain mechanism for infinite rotating [5]

参考文献

- [1] Kenjiro Tadakuma, Eri Takane, Masahiro Fujita, Akito Nomura, Hirone Komatsu, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, "Planar Omnidirectional Crawler Mobile Mechanism -Development of Actual Mechanical Prototype and Basic Experiments", IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 3, Issue 1, pp. 395-402, Jan. 2018.
- [2] 藤田政宏, 野村陽人, 小松洋音, 高根英里, 多田隈理一郎, 多田隈建二郎, 昆陽雅司, 田所諭, "軸方向波, 動伝播ホイール機構" 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017, 2A1-A10, 2017.
- [3] "弾性収縮体を用いた管内走行装置", 根岸公一, 株式会社ブリヂストン, 特開平 3-86679, 1989-8-30, 1991-3-11.
- [4] 高橋昌樹, 林巖, 岩附信行, 鈴木康一, 黄木昇, 「みみずの運動を応用した細管内移動マイクロロボットの研究」, 精密工学会誌, 1995年, Vol.5.1, No.1, p.90-94.
- [5] Schulte, HF, "The characteristics of the McKibben artificial muscle," The Application of External Power in Prosthetics and Orthotics. Washington, DC: National Academy of Sciences, Appendix H, Publication 874, pp.94-115, 1961.
- [6] 松下繁, "ゴム人工筋製作ノート," 計測と制御 第7巻 第12号, 公益社団法人計測自動制御学会, pp. 946-952, 1968.
- [7] Morecki A. and Nazarczuk K., "Some Problems of Bioelectric Control of Natural and Artificial Limbs," The Active Mechanical Engineering Quarterly, Warsaw, Poland, 1969.
- [8] David Zarrouk, Moshe Mann, Nir Degani, Tal Yehuda, Nissan Jarbi, Amotz Hess, "Single actuator wave-like robot (SAW): design, modeling, and experiments," Bioinspir&Biomim, 11(4), 2016.
- [9] 西村礼貴, 藤本敏彰, 林聡輔, 清水杜織, 渡辺将広, 多田隈建二郎, 昆陽雅司, 田所諭, "軸方向波動伝播ホイール機構 第4報 駆動基礎部の高剛性化および車両構成", 第19回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2C3-12, Dec. 2018.
- [10] 林聡輔, 清水杜織, 藤本敏彰, 高根英里, 藤田政宏, 緑川俊貴, 渡辺将広, 多田隈建二郎, 昆陽雅司, 田所諭, "ラックチェーン機構 -無限回転体を履帯上で循環駆動可能なメカニズム-", 計測自動制御学会 東北支部 第320回研究集会, 320-4, Dec. 2018.