T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	弾性テレスコピックアーム搭載型不整地移動ロボットの具現化
Title(English)	Realization of Rough Terrain Mobile Robot with an Elastic Telescopic Arm
著者(和文)	小川 淳司, 難波江 裕之, 鈴森 康一, 遠藤 玄
Authors(English)	Atsushi Ogawa, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori, Gen Endo
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2020 予稿集, Vol. , No. , pp.
Citation(English)	Proceedings of the 2020 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , pp.
発行日 / Pub. date	2020, 5

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

弾性テレスコピックアーム搭載型不整地移動ロボットの具現化

Realization of Rough Terrain Mobile Robot with an Elastic Telescopic Arm

学　小川　淳司 (東工大)　　正　難波江　裕之 (東工大)
正　鈴森　康一 (東工大)　○正　遠藤　玄 (東工大)

Atsushi OGAWA, Tokyo Tech, ogawa.a.ae@m.titech.ac.jp
Hiroyuki NABAE, Tokyo Tech
Koichi SUZUMORI, Tokyo Tech
Gen ENDO, Tokyo Tech

We manufactured a rough terrain mobile robot to fix the tether quasi-statically to the external environment by installing a long-reach arm on the mobile body. We use an elastic telescopic arm. This arm uses pipes with lower rigidity compared to the conventional telescopic arm, so it can be bent using a rope. Moreover, we can control the tip while avoiding obstacles in the direction of extension. In addition, since the tip can be directly controlled with a rope, the tip can be controlled precisely even when the arm becomes longer. In this paper, we constructed the robot and confirmed the realization of elemental technology.

Key Words: Rough Terrain Mobile Robot, Elastic Telescopic Arm, Tendon-driven

1　緒言

不整地移動ロボットは災害現場などの人が入ることができない複雑な環境下において有効であり，走破性を向上させて移動範囲を拡大することが望まれる．しかし，従来の車輪，脚，クローラなどの移動機構を用いても，急斜面などのロボットの移動が困難な場合がある．そのような場所において移動車両の走破性を向上する方法としてグリッパを投擲して外部環境に固定し，ロープで牽引することで移動範囲を拡大する方法がある．グリッパ型投擲・投錨機構 [1] はロボット自体に巻取り機構が搭載されており，外部環境にテザーを固定するため頂上にテザーを巻き取る機体を配置する必要がない．そのためロボット自体で急斜面を登ることができ，移動範囲を拡大することができる．しかしこの方法は，グリッパを投擲するため不確実で危険性があり，巻取り時と投擲時に対応可能な幅広い減速比を持つ牽引機構を製作することが困難であるという課題があった．

そこで本研究では長尺なアームを移動車両に搭載して，アームで直接ワイヤを外部環境に固定する方法を提案する．アームには径の異なる同心円状の伸縮するテレスコピック構造を使用する．このテレスコピック構造は細径で高伸縮比という特徴があるため小型の移動体に搭載することができる．しかし，現状のテレスコピック構造は剛性が高く，直線上にしか伸縮しないため能動的に障害物を避けられないという課題や，手先位置を微調整できないという課題があった．それらの課題を解決するために，弾性テレスコピックアーム [2] が開発されている．弾性テレスコピックアームとは，テレスコピック構造が弾性体で構成されているアームである．これは釣竿のようにテレスコピック構造が従来のテレスコピックアームと比べて剛性が低いパイプを用いてアームを構成しているため，ロープを用いてアームを屈曲させて，伸縮方向にある障害物を回避しながら，先端を制御することができる．また，ロープで先端を直接制御できるため，アームが長尺化した際にも制御性を損なわずに先端を制御することができる．

本稿では，Fig. 1 に示すような試作機を構成し，アームの要素技術の実現性を実験により検証する．

2　弾性テレスコピックアーム搭載型不整地移動ロボットの機構

製作した不整地移動ロボットの構成を Fig. 2 に示す．ロボットは階段の踊り場で旋回可能な 1000 mm 四方程度の大きさである．また，バッテリ搭載時の質量は 50 kg であり，全てのモータの出力は 70 W である．ロボットは弾性テレスコピックアーム，伸縮機構，基部，移動車両で構成される．ロボットの機能は Fig. 3 に示すように，アームの上下方向の回転と，アームの伸展と収縮，

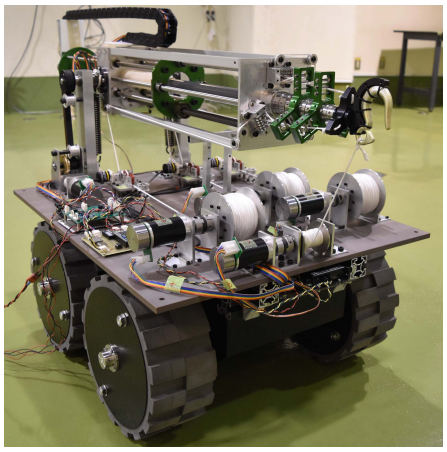

Fig.1. Overview of manufactured rough terrain mobile robot

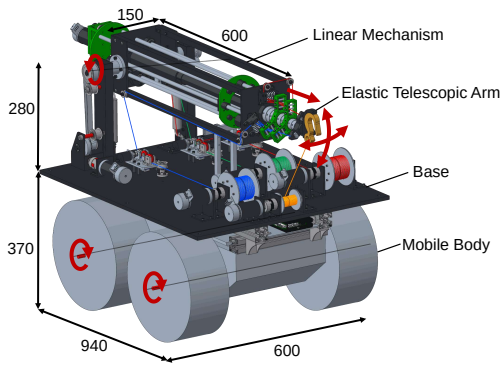

Fig.2. Structure of rough terrain mobile robot

アームの屈曲，走行である．伸展は 1 節分のストロークを持つ伸縮機構を用いることで先端から順に行う．収縮は屈曲用ロープを巻き取り，収縮力を発生させることで行う．また，屈曲は 3 本の屈曲用ロープの張力の合力により行う．アームは先細りの形状をしているため，屈曲用ロープを先端に取り付けるだけでは先端のみが屈曲してしまう．アーム全体を屈曲させるため，屈曲用ロープを往復させることで根元にかけて段階的に増加する曲げモーメ

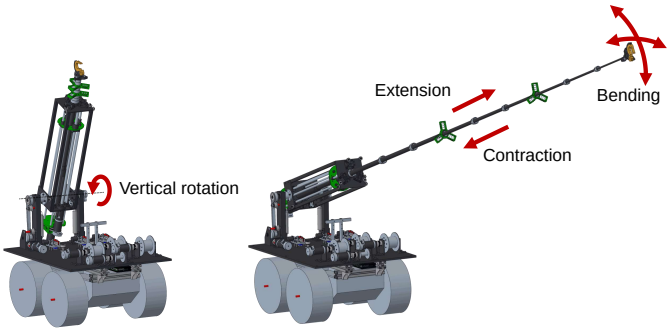

Fig.3. Motion of rough terrain mobile robot

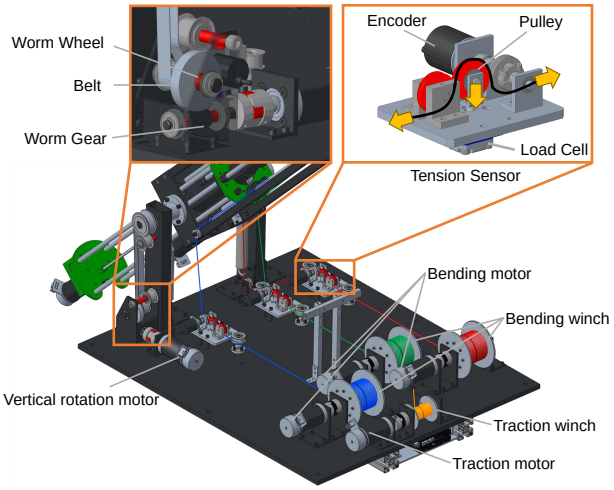

Fig.4. Overview of base

ントを発生させている．

また，Fig. 4 に示すように，基部には屈曲用ウインチと牽引用ウインチを搭載している．屈曲用ウインチで 3 本の屈曲用ロープを巻き取ることでアームの屈曲を行う．また，牽引用ウインチでアーム先端のフックに取り付けた牽引用ロープを巻き取ることで牽引を行う．屈曲と牽引には超高分子量ポリエチレン繊維ロープ (ハヤミ工産株式会社, DB-96HSL, 直径 2 mm) を用いた．このロープは耐荷重が 420 kgf であるため，自重の 8 倍程度の安全率が見込まれる．基部には張力センサが取り付けられており，屈曲用ロープの張力を測定して張力制御をしている．張力センサは 3 つのプーリとロードセルから構成されており，ロープに張力がかかると鉛直下方向にプーリが荷重を受け，ロードセルで測定する方式である．また，張力センサに用いるプーリにエンコーダを取り付けることでロープの巻取り量と送り出し量を測定する．牽引時の張力はモータの電流で制御する．アームの上下方向の回転はウォームギアとベルトを介して行う，また，移動車両は前輪と後輪がチェーンで連結されており，左右の車輪を各モータで速度制御することで走行する．

3　アームの性能実験

3.1　伸展動作と屈曲動作の統合実験

アームの要素技術の実現性を検証するために伸展動作と屈曲動作の統合実験を行った．実験では先端から 1 節ずつアームを伸展させアームが全て伸展した後，アームを上方向に回転させて，張力制御により屈曲を行った．これらの一連の動作が可能であることにより，伸展と屈曲が干渉せずに動作可能であることを確かめた．Fig. 5 に実験結果を示す．アームは 1 節から 9 節まで，590 mm から 3600 mm の伸展に成功した．伸縮比は約 6:1 である．その後，アームを伸展した状態で自重によるモーメントを受けながら上方向の回転に成功し，ロープ張力により屈曲動作を実現した．これにより，伸展と屈曲が干渉せずに動作可能であることと，アームを伸展した状態で自重によるモーメントを受けながら上方向の回転が可能であることを確かめた．

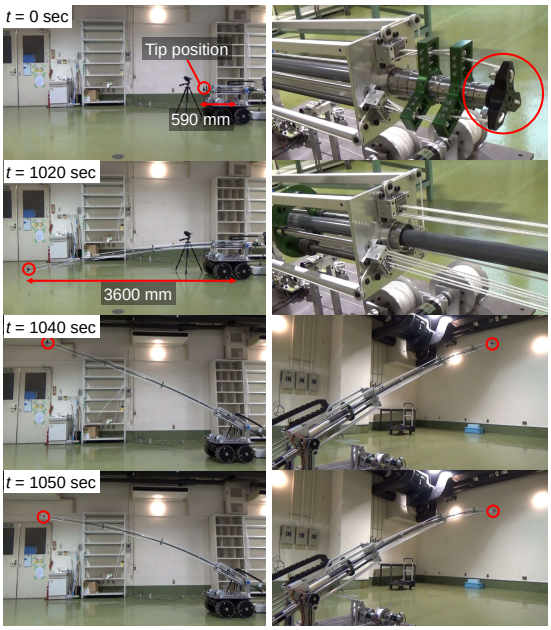

Fig.5. Experimental result of integrated motion of extension and bending

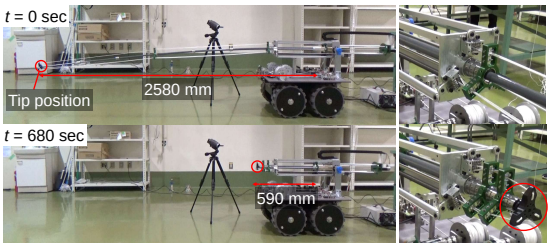

Fig.6. Experimental result of contraction motion

3.2　屈曲動作実験

アームの要素技術の実現性を検証するために屈曲動作実験を行った．Fig. 6 に実験結果を示す．アームは 6 節から 1 節まで，2580 mm から 590 mm の収縮に成功した．伸縮比は約 4.4:1 である．これによりアームを伸展した状態から収縮動作が可能であることを確かめた．

以上の実験結果からアームの要素技術の実現性が確かめられた．

4　結言

本稿では試作機を構成し，アームの要素技術の実現性を実験により検証した．それによりアームは 1 節から 9 節まで，590 mm から 3600 mm の伸展と 6 節から 1 節まで，2580 mm から 590 mm の収縮に成功した．また，伸展と屈曲の統合動作を実現した．

今後はフックを外部環境に固定して走破する一連の動作の実現を目指す．また，フックを解除する機構について検討する．

謝辞

この成果は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（ＮＥＤＯ）の委託業務の結果得られたものです．

参考文献

[1] 中本秀一, 福島 E. 文彦, 広瀬茂男. ハイパーテザーの研究: その 12 グリッパ型投擲・投錨機構の開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2002, p. 77. 一般社団法人 日本機械学会, 2002.

[2] Atsushi Ogawa, Takashi Fujioka, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori, and Gen Endo. Tendon-driven elastic telescopic arm -integration of linear motion and bending motion-. In *2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, 2020.