

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ワイヤ駆動型弾性テレスコピックアームの開発
Title(English)	Development of a Tendon-driven Elastic Telescopic Arm
著者(和文)	藤岡隆, 遠藤 玄, 難波江 裕之, 鈴森 康一
Authors(English)	Takashi Fujioka, Gen Endo, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2018 予稿集, Vol. , No. , pp.
Citation(English)	Proceedings of the 2018 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , pp.
発行日 / Pub. date	2018, 6

ワイヤ駆動型弾性テレスコピックアームの開発

Development of a Tendon-driven Elastic Telescopic Arm

○学 藤岡隆 (東工大) 正 遠藤玄 (東工大)
正 難波江裕之 (東工大) 正 鈴森康一 (東工大)

Takashi FUJIOKA, Tokyo Institute of Technology, fujioka.t.aa@m.titech.ac.jp

Gen Endo, Tokyo Institute of Technology, gendo@mes.titech.ac.jp

Hiroyuki NABAE, Tokyo Institute of Technology

Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology

An elastic telescopic structure makes it possible to realize a robot arm having high storability and high obstacle avoidance capability. In this paper, we developed an extension and contraction mechanism to realize this arm. In addition, we developed a prototype of the proposed arm by integrating with the previously developed bending mechanism and confirmed its motion.

Key Words: Tendon-driven mechanism, extension mechanism, continuous robotic arm

1 緒言

瓦礫が散在する災害現場のような複雑な環境での周囲観測を行う場合、障害物を回避しながら狭隘路に進入する必要がある。長尺マニピュレータが有効である。実際に福島第一原発で調査作業を行ったロボットアームとして CT-arm[1] やカニクレーン [2] がある。CT-arm は回転関節が 4 節シリアルにつながった構造であり、基部の直動機構により障害物を回避しながら狭隘路へ進入し、アーム先端のカメラにより観測作業を行った。アームの基部は構造全体を収納するだけの容積を必要とするため大型化し、深部観測のために原発内にアームを設置するような運用はできない。カニクレーンはクローラによる移動機構と直動節のアームにより構成される。アームは径の異なる同心構造からなるテレスコピック構造により伸縮比の高い構造となっている。一方で伸展方向上の障害物は基部の回転動作でしか回避することができないため、障害物の回避性能が低く、開けた環境での作業にとどまった。

テレスコピック構造の中には釣竿のようにしなやかで大きく屈曲可能な構造がある。筆者らは図 1 に示すように、このしなやかな構造をアームに適用し、回転、直動節型アームの欠点である収納性や障害物回避性能が向上可能なロボットアームをワイヤ駆動型弾性テレスコピックアームとして提案している [3]。テレスコピック構造により高い伸縮比を有し、また、構造に取り付けたワイヤを巻き取ることでリンクを屈曲させ障害物を回避するというコンセプトである。ワイヤ駆動は基部にアクチュエータを集中配置できるため関節にアクチュエータを配置する場合に比して関節が軽量となりアームの長尺化が可能となる。

これまでに、複数の滑車にワイヤを経由させることで少ないアクチュエータ数で構造全体が屈曲するような機構を開発した。本論文では細径で多節なテレスコピック構造に対する伸縮機構を開発し、滑車による屈曲機構と統合することで提案するアームに必要な動作を実現したことを報告する。

2 ワイヤ駆動型弾性テレスコピックアーム概要

提案するアームは弾性テレスコピック構造、屈曲機構、伸縮機構からなる。弾性テレスコピック構造として、市販品のケーブル牽引具 (DENSAN, DRF-8000S) を使用した。本製品は外形 64 mm, 伸縮時 460 mm, 伸展時 8000 mm と細径、高伸縮比の構造を達成している。

2.1 屈曲機構

文献 [3] において構造軸方向に複数の滑車を配置し金属ワイヤにより駆動する機構を提案している。この機構はテレスコピック構造が根元ほど径が大きくなり断面二次モーメントが増大する構造であることに對し、複数配置されたそれぞれの滑車に曲げモーメントを発生させることができるため、増大する曲げモーメント

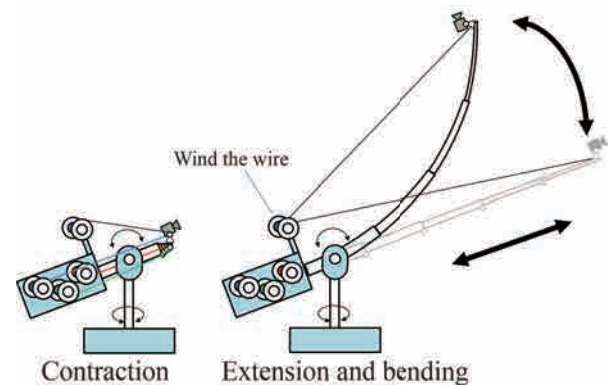


Fig.1: Concept of the proposed arm

に合致するようなモーメントを与えられる機構となっている。また、単一のワイヤで複数の地点に曲げモーメントを発生させることが可能であるため少ないアクチュエータで屈曲し、軽量で簡素な構造を実現している。

2.2 伸縮機構

提案するアームは高い障害物回避性能、高伸縮比のために細径、高伸縮比、多節であることが望ましい。この細径、多節な構造の伸縮を実現するために図 2 のような伸縮機構を提案する。本機構は伸縮する節の選択とピンによる節間の拘束により伸縮動作を行う。ピンにより節同士が拘束されるため伸縮部分は 1 節分の長さのストロークのみで十分であり小型な機構が実現可能となる。

伸縮機構の詳細を説明する。まず、伸縮する節を選択する機構は非円径のシャフトとこれと同一形状の穴をもつ板で構成される。図 3a のように板は各節の外径と同径で節の数だけ必要となる。図 3b のように非円径のシャフトが同軸上のシャフトに対して回転することで、突起が生まれ、板が突起に衝突し基部側への板の移動が拘束される。これによりシャフトの伸展とともに板も伸展し、板と同径の節の下部を押し上げることで節が伸展する。

伸展後はピンによる節間の拘束が行われる。各節の先端側にはピン、基部側には溝が配置されている。ピンは回転動作により、内側の節の溝に挿入することが可能である。図 4 ピンはばねにより挿入時の姿勢となるように力加えられており、節の伸展時にピンと溝が合致することでピンが挿入されて収縮、回転方向への拘束が行われる。節をさらに押し出すことでピンが回転し拘束の解除が行われる。ばねと 1 節分の伸縮動作でピンの抜差を実現するため、機構が簡素になり軽量に構成できる。

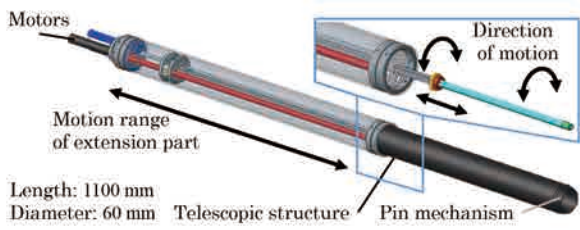
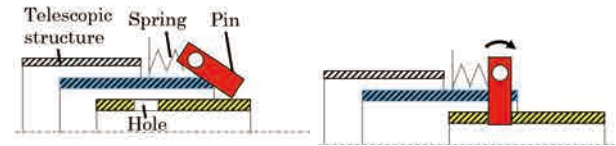
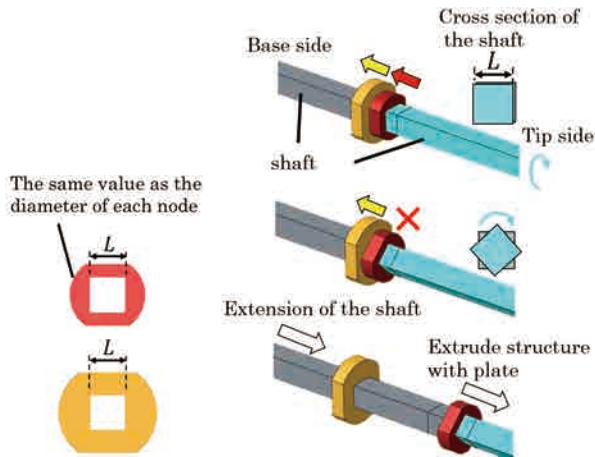


Fig.2: Overview of extension and contraction mechanism



(a) Contraction (b) Extension
Fig.4: Motion of a pin for restraint



(a) Overview of plates (b) Motion of plates and shafts
Fig.3: Restraint mechanism of plates for extension

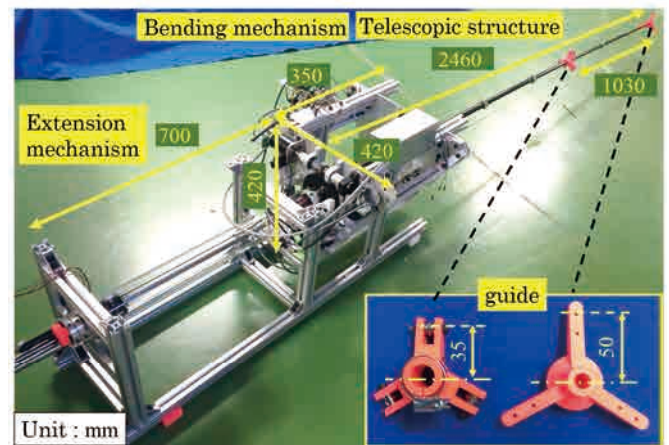


Fig.5: Overview of a experimental device

3 機構を統合した試験機による動作実験

屈曲機構と伸縮機構を統合し動作実験を行った。実験機の概観を図5に示す。伸縮機構に3方向の屈曲機構、テレスコピック構造がそれぞれ取り付けられている。テレスコピック構造は10節で伸縮比は伸縮比 3.5:1 である。動作実験の結果を図6に示す。2節の伸展, 多方向への屈曲動作, 2節の収縮動作を行った様子を示しており, 開発したそれぞれの機構が干渉することなく動作していることが確認した。加えて, 屈曲しながら伸縮する動作も問題なく行えることを実験により確認し, 提案するアームに必要な屈曲と伸縮を組み合わせた動作を実現した。

4 結言

しなやかな構造をアームの主構造とすることで, 伸縮比が高く, 屈曲により障害物を回避可能なロボットアームを開発した。伸縮比 3.5:1 の伸縮機構を開発し, また, 屈曲, 伸縮機構が統合により干渉しないことを確認し, 提案するアームに必要な屈曲と伸展の連続および同時の動作を実現した。今後はアームの先端の振動を抑制するために, 振動減衰効果のあるベクトラン [4] をワイヤに用いることや振動抑制のための制御則の開発を行う。

5 謝辞

本論文の成果は, 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] HiBot CT-arm, <https://www.hibot.co.jp/featured>
- [2] 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発, http://www.tepco.co.jp/decommission/principles/technology/robot/robot_upper/pdf/crab_crane01.pdf
- [3] T. Fujioka, G. Endo, K. Suzumori, H. Nabae, "Proposal of Tendon-driven Elastic Telescopic Arm and Initial Bending Experiment", In 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Dec 2017.
- [4] 片山 隆, "高強力ポリアリレート繊維「ベクトラン」の特徴と用途", 繊維学会誌, vol.73, pp.424-429, 2017.

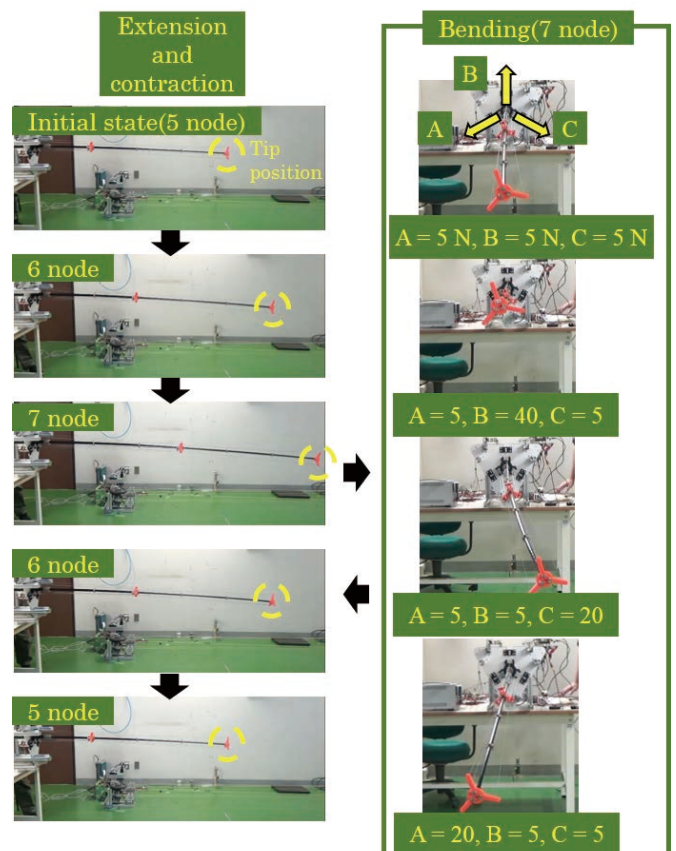


Fig.6: Experiment result of extension, contraction and bending