

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討ー第13報：ワンウェイクラッチとホースバンドを併用した高耐荷重テンシヨナ機構ー
Title(English)	
著者(和文)	大澤来実, 遠藤玄
Authors(English)	Kurumi Osawa, Gen Endo
出典(和文)	第41回日本ロボット学会学術講演会予稿集, , ,
Citation(English)	, , ,
発行日 / Pub. date	2023, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

# 高強度化学繊維によるワイヤ駆動のための基礎的検討

## -第13報：ワンウェイクラッチとホースバンドを併用した高耐荷重テンショナ機構-

○大澤 来実（東京工業大学） 遠藤 玄（東京工業大学）

先行研究では、2つの軸をワンウェイクラッチにより同軸接続し、軸がワイヤを張る方向にのみ回転するテンショナが存在する。本研究では、そのテンショナでワイヤを張った後、ホースバンドを用いて摩擦により2軸を締結することを提案した。ホースバンドの許容トルクを測定した結果、平均値は9.47[Nm]、最小値は8.36[Nm]であった。

### 1. はじめに

近年、化学繊維ロープで駆動するロボットの開発が盛んに行われている。化学繊維ロープは、ステンレスワイヤに比べ軽量で高強度かつ屈曲半径を小さくとれることからコンパクトな設計を可能とする。しかし、ワイヤが伸びることでたわみが生じやすい問題がある。そのため、ワイヤを適宜巻き取り張力を維持させられるテンショナ機構が必要である。ワイヤに張力をかける方法としてアイドラーを用いることも考えられるが、そのためのスペースが必要で機構が肥大化する傾向がある。

先行研究では、軽量で積載性の高いリングテンショナ[1]が開発されているが、高荷重には対応していない。ロボットアームで、プーリでワイヤを巻き取った後、そのプーリとロボット本体に六角ピンを挿入し固定するもの[2]も開発されているが、手でプーリを回すことでワイヤに大きな張力をかけるのは限界がある上に、六角ピンではワイヤの巻き取る角度を60度ずつしか調整できず、十分な張力をかけたまま固定するのが困難になる場合がある。

一方、我々の研究グループで開発した4足歩行ロボット TITAN-XIII で用いられているテンショナは、2つの軸がワンウェイクラッチにより同軸接続され、軸が常にワイヤを張る方向にのみ回転させられる[3]ため、巻き取り量の微調整が可能である。しかし、ワイヤの張力によるトルクをワンウェイクラッチが受け続けることになり、何らかの衝撃が加わると壊れる危険性がある。同じテンショナ機構を用いている4足歩行ロボット TITAN-E1[4]で歩行を行った際、脚先が地面につく瞬間の撃力で長時間歩行後にはワンウェイクラッチが破損することを確認している。

そこで、ワンウェイクラッチ以外にもワイヤの張力を支えられる、ホースバンドを併用したテンショナ機構を提案する。

### 2. 提案するテンショナ機構

提案するテンショナ機構を図1に示す。①の中にはワンウェイクラッチが圧入されており、ワイヤを張る方向にしか回転しない。③は①と、このワンウェイクラッチで同軸接続されている。②は③と、回転方向にはキー固定、軸方向にはセットカラーで固定されており、②と③は回転拘束されている。

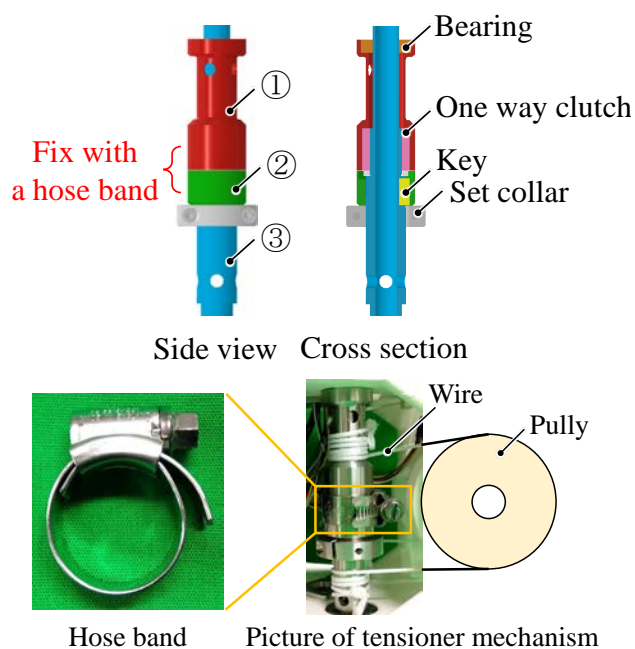


図1 提案するテンショナ機構

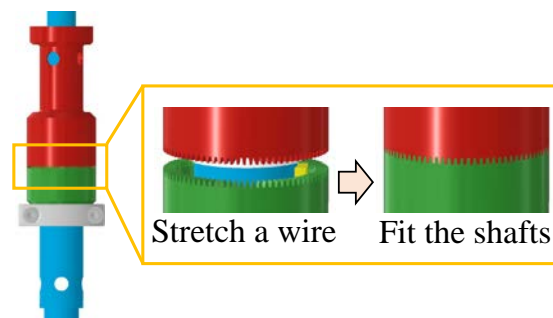


図2 検討したテンショナ機構

使用方法は、ワイヤの両端をそれぞれ①と③の軸にあいた穴を通して固定し、軸に巻き付けた後、穴の中に丸棒を入れて軸を回すことで張力をかける。ワイヤを張った後は、ホースバンドで①と②を固定する。ホースバンドは、本来、ホースと継ぎ手を固定するための留め具であるが、今回はバンドと軸の間に摩擦を生じさせることで2つの軸を締結する目的で使用している。

今回の提案では、ホースバンドを用いて2つの軸を締結することを考えたが、他の方法として図2のように2つの軸に細かい歯を切り、ワイヤを張った後に歯を嵌合させることも考えた。歯の形状は、

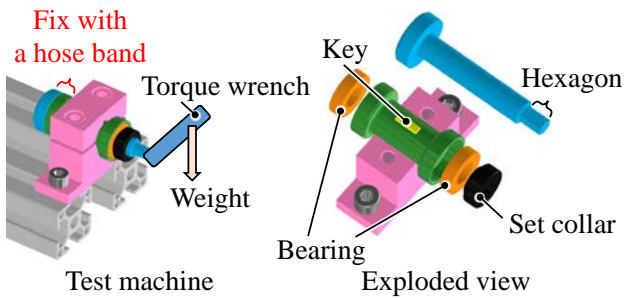


図3 実験装置

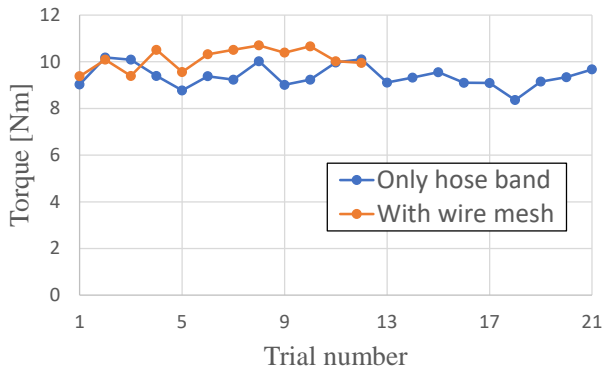


図4 実験結果

のこぎり波・三角波・短形波など検討したが、軸のブランク形状部に歯の加工を施すには大きなコストがかかることが分かったため、2つの軸を固定できる安価な部品としてホースバンドを選択した。

### 3. ホースバンドの耐トルク試験

#### 3.1 実験装置と実験方法

ホースバンドで締結した軸が固定されたまま耐えられる最大のトルクを測定するため、試験を行った。実験装置を図3に示す。軸はSUS304で製作した。ワンウェイクラッチは、許容トルク12.2[Nm]のHF1216 (SCHAEFFLER製)を用いた。これは、TITAN-E1に搭載のテンショナで使用されているものと同じである。また、ホースバンドには、ハイグリップ・ステンレスホースバンドOXS (JCS製)を用いた。これは軸径が22[mm]に対応しており、ホースバンドによく見られるスリットがないため摩擦力を大きくできることから選定した。

実験方法は、まず実験装置をアルミフレームの架台に固定し、ホースバンドをトルクレンチ (eclatorQ製, TRDC-030)を用いて締め付けトルク7[Nm]で締める。その後、軸の六角頭に同じトルクレンチを取り付け、そこに重りを1[kg]ずつ吊り下げていく。トルクを大きくしていくとホースバンドで固定した部分が滑るようにずれていくため、実験の様子を動画で撮影し滑り始める直前の最大トルクを目視で確認することで測定した。実験は、ホースバンドのみの場合と、金網を軸とホースバンドの間に挟んだ場合の2つの方法で、それぞれ12回、21回ずつ実施した。金網は、ピッチが実測で0.625[mm]のものを使用した。

#### 3.2 実験結果

試験の結果を図4に示す。ホースバンドのみの場合、平均9.47[Nm]、最大10.76[Nm]、最小8.36[Nm]であり、金網を挟んだ場合は、平均10.12[Nm]、最大10.70[Nm]、最小9.38[Nm]であった。

結果から、金網など軸表面の摩擦係数を高くすることで許容トルクを大きくできることが示唆される。しかし、結果はいずれもワンウェイクラッチの許容トルクである12.2[Nm]より低い値である。

理想的には、実際の許容トルクは、ワンウェイクラッチの許容トルクと提案するホースバンドの許容トルクの線形和になることが期待されるが、実験的検証は今後の課題である。

### 4. まとめと今後の課題

2つの軸をワンウェイクラッチにより同軸接続しワイヤを常に張る方向にのみ回転するテンショナ機構において、ワンウェイクラッチへの負荷を低減するため、ホースバンドを用いて摩擦によって2つの軸を拘束することを提案した。

今後の展望として、今回は軸をSUS304で作成し、金網を挟む方法を試みたが、締結部側面にシボを打つことやローレット加工を施すことによって、より許容トルクの向上が見込めると考えている。また、軸対称に等配な半円溝を軸方向に掘り、それに側面が嵌合するピンを入れたうえで、ホースバンドを締め上げることで締結力を強める方法も考えられる。これらのような工夫により、今回の結果よりも高いトルクに耐えられるテンショナを実現できる可能性が高いと考えている。

#### 謝辞

本稿執筆にあたり、大塚化学株式会社の材料や情報のご提供、ならびにご助言を賜りました。ここに深甚なる謝意を表します。貴重なコメントと議論をいただきました武居直行教授 (東京都立大学)、太田祐介教授 (千葉工業大学)、高木健教授 (広島大学) に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 鳴田奨太, 植村充典: “ワイヤ駆動方式における軽量で積載性の高いテンショナー”, 日本ロボット学会学術講演会, RSJ2021AC2B2-06, 2021.
- [2] Kazutoshi Tanaka and Masashi Hamaya: “Twist Snake: Plastic table-top cable-driven robotic arm with all motors located at the base link”, 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2023), 2023.
- [3] 北野智士, 広瀬茂男, 遠藤玄: “小型軽量4脚歩行ロボットTITAN-XIIIの開発 新素材ワイヤを用いた駆動機構による脚機構設計”, 日本ロボット学会学術講演会, RSJ2012AC3I1-3, 2012.
- [4] 角田柊平, 難波江裕之, 鈴森康一, 遠藤玄: “熱溶融積層方式による樹脂構造材を用いた四足歩行ロボットTITAN-E1の開発”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022 講演論文集, 2022.