

# 卒業論文要旨

## コンベックステープを用いた高伸縮アームの設計

### Design of high extension arm with convex tape

システム工学群

機械システム制御研究室 1240125 服部 勇希

## 1 緒言

日本の農業界では人手不足や農業従事者の高齢化を解決するために作業の機械化・自動化が進められている。<sup>(1)</sup> 自動収穫のためのロボットアームも開発が進められているものの1つであるが、従来の大型・高重量ものは、狭い畝間での作業や、移動が困難といった問題がある。

本研究は、コンパクトに収納することができ、持ち運びできる軽量な高伸縮ロボットアームの開発を目的とし、伸縮可能となる巻取り型のテープを用いてロボットアームの開発を行った。

## 2 提案するロボットアーム

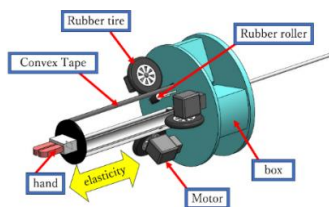


Fig. 1 Overall view of the proposed robot arm

提案するアームの構想図を図1に示すように、アームはコンベックステープを3つ用いてそれぞれをモータにより伸縮させられるようになっている。コンベックステープとは主に巻尺に使われるものであり、ステンレス製の帯鋼に湾曲を持たせ、巻取りによりコンパクトに収納できるうえに軽量で折れ曲がりに強いという特徴がある。装置の概略は図1のボックスにコンベックステープを収納し、ゴムタイヤとゴムローラーでコンベックステープを挟み込み、ゴムタイヤをモータで回転させることで伸縮させる。このような機構を用いることにより従来のロボットアームよりも軽量であり、高伸縮なものにすることが可能となる。

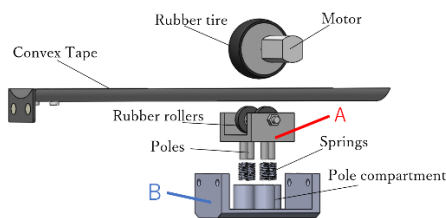


Fig. 2 Detail of telescopic mechanism

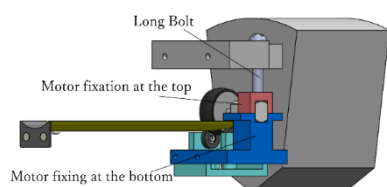


Fig. 3 Motor Fixing Method

伸縮機構の詳細を図2に示す。図2に示す部品Aの下部に柱を4本取り付け、部品Bの中央に位置する柱の収納部との間にそれぞれ1つずつコイルばねを入れることで、弾性によりコンベックステープをゴムタイヤとゴムローラーで挟み込む。モータの固定方法を図3に示す。モータを固定する上部の治具をロングねじにより下部の治具に押し付け固定する。これらにより、モータを回転させることでコンベックステープの伸縮を可能とする。用いるモータのトルクを求めるためにゴムの静摩擦係数とコンベックスの引っ張り力、それにより発生するトルクを計算する。

## 3 数値測定

### 3-1 ゴムの静摩擦係数<sup>(2)</sup>

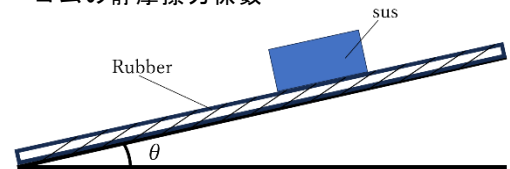


Fig. 4 Experiment with the coefficient of static friction force

タイヤに使用したゴムの静摩擦係数を求める実験を図4に示す。ゴムを張り付けた板の上に重量  $Mg$  のステンレス片を置き、板を傾けステンレス片が滑り落ちた角度  $\theta$  [°] から静摩擦係数  $\mu$  を求める。

$$Mg \sin \theta = \mu Mg \cos \theta \quad (1)$$

$$\mu = \tan \theta \quad (2)$$

実験より角度  $58^\circ$  のとき滑り落ちたことから式(2)より、静摩擦係数は 1.6 とみなす。

### 3-2 コンベックステープの引っ張り力

コンベックステープが収納される際に発生する力を求める実験を行う。地面に平行にばねばかりを置き、コンベックステープの先端をばねばかりに結合させ 100cm まで 10cm ずつ伸ばし、収納される際の値から力を求める。この力をコンベックステープの引っ張り力とする。

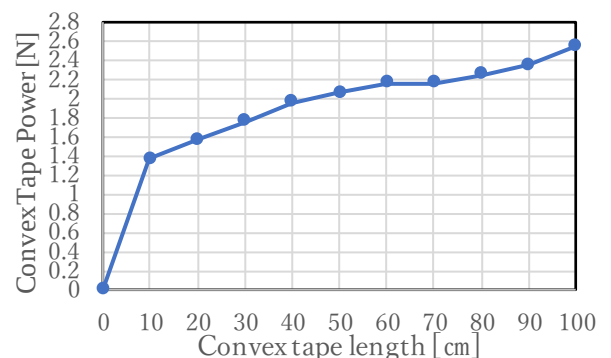


Fig. 5 Convex tape power derivation results

図5の実験結果より、コンベックステープの長さに比例して引張力は大きくなるのがわかる。今回アームの最大伸びを50cmで設計するため引張り力は2.1Nと求められた。

### 3-3 トルク計算

用いる装置のサイズなどの条件から、ゴムタイヤの半径12mm、ばね定数0.5N/mm、ばねの最大変位5mmとした。また実験より、静摩擦係数1.6、コンベックスを50cm伸ばす間にかかる最大引張り力2.1Nとする。

今回コイルばねを4個使用していることから弾性力 $F_k$ は、

$$F_k = 0.5 \times 5 \times 4 = 10 \text{ [N]} \quad (3)$$

式(3)よりゴムタイヤの静摩擦力 $F_\mu$ は、

$$F_\mu = 1.6 \times 10 = 16 \text{ [N]} \quad (4)$$

従って、モータに必要なトルク量 $T$ は、

$$T = (2.1 + 16) \times 0.012 = 0.217 \text{ [Nm]} \quad (5)$$

となる。

### 4 動作実験

今回のアームに使用するコンベックステープは幅27mmで減衰装置のついていないものを使用する。コンベックステープを伸ばした際のY軸方向の変位が1本と3本で異なるかを確認する実験を図6に示す。コンベックステープの先端に300gの重りをつけ、地面に水平のまま50cmの長さまで5cmずつ伸ばした時のY軸方向の変位を確認し、その結果を図7、図8に示す。

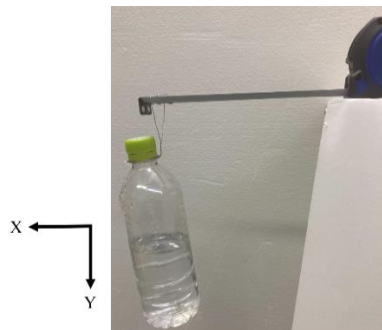


Fig. 6 Convex tape stiffness test

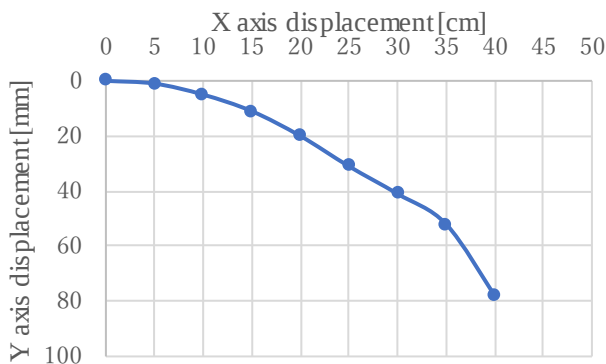


Fig. 7 experimental results of one convex tape

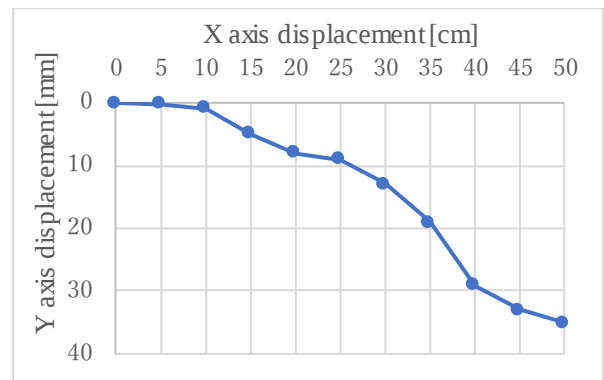


Fig. 8 experimental results of one convex tape

図7より、1本ではX軸方向の変位が増加するほど、Y軸方向の変位は指数関数的に増加し、45cmまで伸びたとき折れ曲がった状態となった。折れ曲がった部分は湾曲がなく幅広に直線状となった。図8に示すように、3本のコンベックステープX軸方向の変位が40cmから50cmと変化したときのY軸方向の変位量が小さくなった要因として、下部に配置したコンベックステープがねじれることで変位の大きさが異なるためと考えられる。折れ曲がりやねじれを防ぐために根元から5cmの部分に幅28mmの口を持つ蓋を取り付ける設計とする。

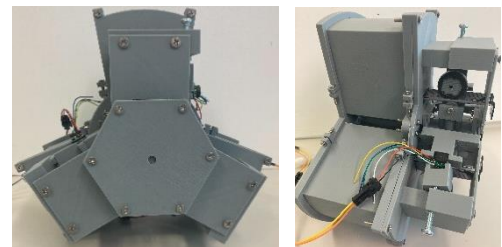


Fig. 9 Fabricated arm

実験をもとに、図9に製作したアームを示す。基本となる部品はすべて素材にZ-ABSを用いて3Dプリンターを用いて製作した。重量1.42kg、幅14cmと従来のものより軽量でコンパクトなロボットアームの製作をするに至った。実際に電圧12Vの電源に3つのモータを並列につなぎ動作させることでコンベックステープは伸縮を行った。

### 5 結言

本研究では、コンベックステープを用いた高伸縮アームを提案し、実際に製作した。モータの動作によってコンベックステープが伸縮するか必要な数値の測定を行い計算し、実際に伸縮可能か確認した。今後は今回の実験をもとに、深度カメラを用いてピーマンを認識しMATLABを用いてモータの速度を制御することで果実の位置までアームを伸縮させるプログラミングの作成を検討する。

### 参考文献

- (1) 農林水産省 農業機械をめぐる現状と対策  
[https://www.maff.go.jp/j/council/sizai/kikai/16/pdf/data2\\_2.pdf](https://www.maff.go.jp/j/council/sizai/kikai/16/pdf/data2_2.pdf)
- (2) 摩擦係数の測り方  
<https://peislab.com/mechanicalengineering/elements/measure-coff-of-friction/>