

要旨

物体に複数のケーブルを接続し、張力によってエンドエフェクタを動かすケーブル駆動平行ロボットにおいては、駆動域が狭いという問題点がある。本研究では、ケーブルの代わりにコンベックステープを駆動力伝達手段として使用することで、張力だけでなく圧力を伝達することが可能な機構を考案した。提案手法においては、駆動力伝達手段の数を半減でき、結果として、駆動域を広げることができることが確認された。

1. はじめに

物体の3次元形状をスキャンしてコンピュータ上に復元する3次元計測と呼ばれる技術は、人物の顔認証や構造物の外観検査、自動車の自動運転など様々な用途に使われている。

詳細な3次元計測を行うには、対象物を様々な方向から撮影した大量の画像が必要となる。撮影方法としては、複数の3次元センサを取り囲むように配置して計測する方法が知られているが、カメラの配置による空間的な制約が発生することが問題となる。

これらの問題を解決するために、われわれは、平行ロボットを利用してカメラを移動させて画像を撮影する方法について検討している。本研究では、コンベックステープを駆動力伝達手段として用いる平行ロボットについて提案する。2次元のコンベックステープ駆動平行ロボットを試作し、提案手法の妥当性について基礎的な検討を行う。

2. コンベックステープ駆動平行ロボットの概要

われわれは、1台の3次元センサで3次元計測を行うことで、空間的制約を減らす手法について提案する。この手法は、図1に示すような、ケーブルの張力によって高速かつ高精度にエンドエフェクタを動かすロボティクス技術である、ケーブル駆動平行ロボット (CDPR: Cable-Driven Parallel Robot) を参考にした[1]。エンドエフェクタとして3次元センサを取り付けることで、3次元スキャナーとしての応用が期待できる。3次元センサを移動させて対象物を様々な方向から撮影できるが、このままでは上下方向における可動域が狭く、撮影できる方向に限られる。われわれの提案する手法では、CDPRのケーブルをコンベックステープに置き換えた、コンベックステープ駆動平行ロボットを使用する。ここで、コンベックステープとは、図2に示すもので、メジャーに使用されている凹型の断面を有するスチールテープのことである。ケーブルが接続した物体に伝達できる力は張力に限られるが、図2のようにコンベックステープは張力と圧力の両方を伝達できる。これは、凹型の断面によってコンベックステープは一方向からの力では曲がるが、反対方向の力では曲がりにくいという性質によるものである。伝達できる力の数が2倍となるため、コンベックステープ駆動平行ロボットにおいては、図3のように駆動力伝達手段の数を半減できるものと考えられる。さらに、図4に示すように、上下方向における可動域を広げることが期待できる。

3. ロボットシステムの開発

3.1. 駆動装置の製作

2次元コンベックステープ駆動平行ロボットを試作するために、図5に示すような駆動装置を2台製作した。長さ調整用モータとして KeiganMotor KM-1S-M4625 を使用

し、角度調整用モータとして KeiganMotor KM-1S-M6829 を使用した。

駆動装置を2台設置し、コンベックステープの先端にエンドエフェクタを接続することで、図6に示すような駆動力を伝達する機構を構築した。

3.2. コントロール用アプリケーション

2次元コンベックステープ駆動平行ロボットを動作させるために、Visual Studio C#によりコントロール用アプリケーションプログラムを作成した。アプリケーションの画面を図7に示す。計算に必要な数値はテキストボックスに入力し、エンドエフェクタの位置を中央下部でマウスを使用して動かす。

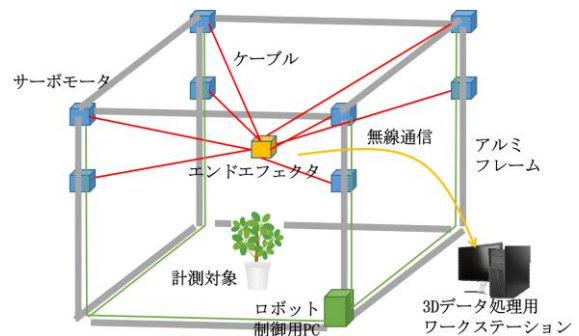


図1 ケーブル駆動平行ロボット (CDPR)

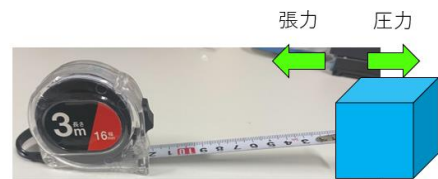


図2 コンベックステープが物体に伝達できる力

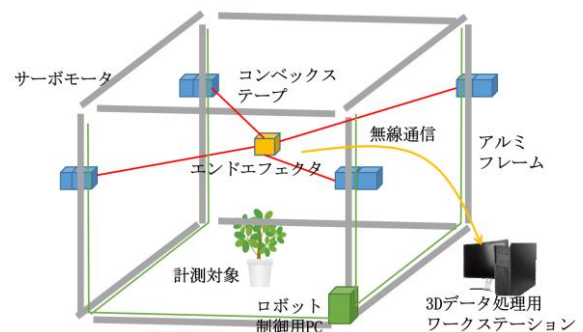


図3 コンベックステープ駆動平行ロボット

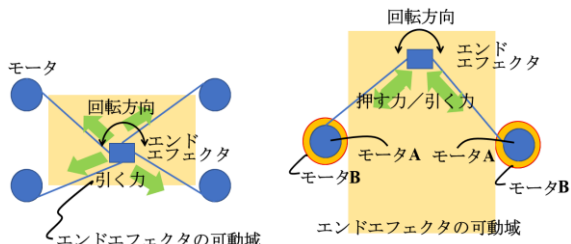


図4 上下方向における従来のCDPRの可動域(左)および、コンバックステープ駆動平行ロボットの可動域(右)

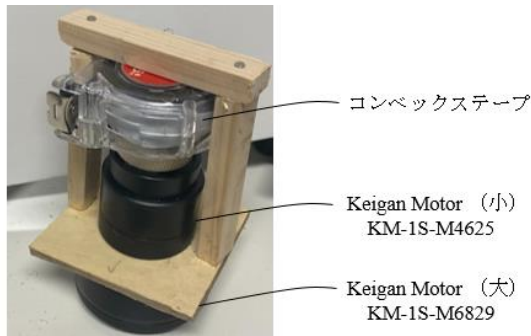


図5 駆動装置

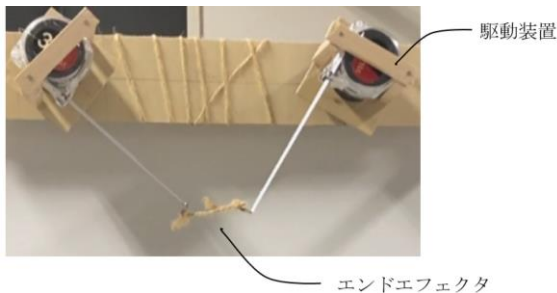


図6 試作した2次元コンバックステープ駆動平行ロボット

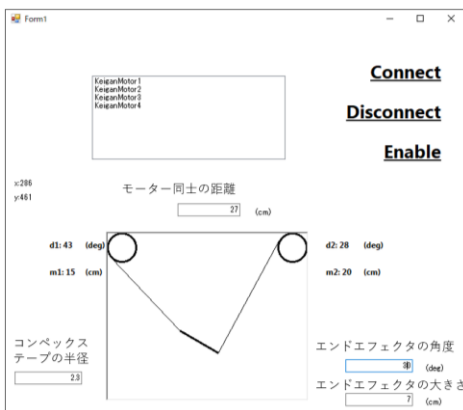


図7 アプリケーション画面

#### 4-3. 各値の関係式

コンバックステープの各値と、エンドエフェクタの各値の関係式を求めた。図8に座標系を示す。

エンドエフェクタの位置 $(x, y)$ 、角度 $\varphi$ 、幅 $2k$ 、両端の位置 $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ の関係式を以下に示す。

$$\begin{cases} X_1 = x - k \cos \varphi \\ Y_1 = y + k \cos \varphi \\ X_2 = x + k \cos \varphi \\ Y_2 = y - k \cos \varphi \end{cases} \quad (1)$$

以上に留意して、エンドエフェクタの両端の位置 $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ および2本のコンバックステープの長さ $l_1, l_2$ と角度 $\theta_1, \theta_2$ 、コンバックステープの巻き半径 $a$ 、駆動装置の距離 $L$ の関係式を以下に示す。

$$\begin{cases} l_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2 - a^2} \\ l_2 = \sqrt{(X_1 - L)^2 + Y_1^2 - a^2} \\ \theta_1 = \cos^{-1} \frac{l_1 X_1 + a Y_1}{l_1^2} \\ \theta_2 = \cos^{-1} \frac{l_2 X_2 + a Y_2}{l_2^2} \end{cases} \quad (2)$$

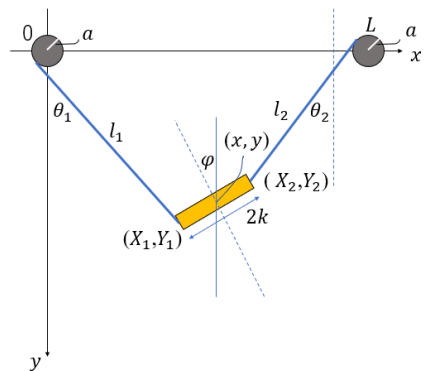


図8 2次元コンバックステープ駆動平行ロボットの座標系

#### 4. おわりに

本研究では、コンバックステープを駆動力伝達手段として用いる平行ロボットについて提案した。2次元のコンバックステープ駆動平行ロボットを試作し、提案手法の妥当性について基礎的な検討を行った。

試作した2次元コンバックステープ駆動平行ロボットは、2本の駆動力伝達手段でエンドエフェクタを動作させることに成功した。

しかし、動作の継続にともない、位置の制御において生じる誤差が累積してしまった。コンバックステープの巻き半径が一定ではなかったことが、モータの回転角度に対するコンバックステープの長さに影響を与えたと考えられる。

今後の研究では、コンバックステープの巻き半径の変化を抑え、誤差を減らす機構を構築する。将来的には、自由度を拡張して3次元のコンバックステープ駆動平行ロボットを構築し、エンドエフェクタとして3次元センサを取り付け、植物の3次元計測を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] Philipp Miermeister, Werner Kraus, Tian Lan, and Andreas Pott: An Elastic Cable Model for Cable-Driven Parallel Robots Including Hysteresis Effects, Cable-Driven Parallel Robots: Proceedings of the Second International Conference on Cable-Driven Parallel Robots, pp.17-28, 2015.