空気圧バルーンを用いた腱駆動システムの開発

Development of a Tendon Driven System Using a Pneumatic Balloon

Akita Prefectural Univ.,† Akita Prefectural Industrial Technology Center‡

Jun-ya NAGASE,† Norihiko SAGA,† Katsuyuki AWANO,† Shin NAGATA,‡ Hiroyuki TAKANASHI†

Abstract

In recent years, our society has been aging, leading to a labor shortage of young workers. Therefore, robots are expected to be useful for work, such as rehabilitation therapy, nursing elderly people. In particular, robots, which are intended for use in the field of medical care and welfare, should be safe for the human environment as they often come into contact with people. we have devised a tendon drive system using flexible silicon rubber material aiming to develop a robot hand, which is lightweight and has the same flexibility as biological human hands.

➢近年，高齢化社会において，若者の人手不足や重労働が多いなどから，リハビリテーションや介護等の分野で，ロボットの活用がますます期待されている．

➢特に，人間との協調作業をともなう医療・福祉を目的としたロボットハンドにおいて，人間の手と同様に，複雑で器用な動作を実現する必要があり，さらに対人環境における安全性は主たる要件である．

そこで，我々は軽量で人間の手のやわらかさを持つロボットハンドを開発することを目的として，柔軟な材料として，シリコンラバーを用いた人間の手と同じ腱駆動システムの開発を行った．

試作した腱駆動システム *Prototype of a Tendon Driven System*

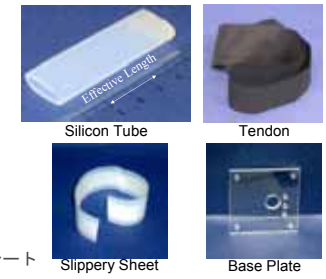
腱駆動システムの基本構成 *Basic Configuration*

シリコンチューブ *Silicon tube*
バルーン状の扁平シリコンチューブ

腱 *Tendon*
伸縮しないナイロン繊維を帯状にして使用

ベースプレート *Base Plate*
チューブの両端を固定するプレート

スリッパリーシート *Slippery Sheet*
バルーンと腱の間の摩擦を低減するためのシート



駆動原理 *Mechanism of Proposed Tendon Driven System*

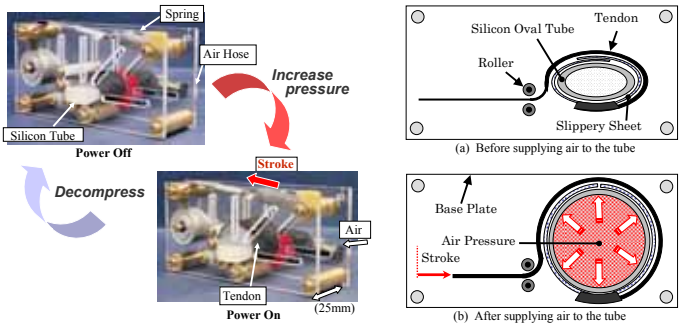


Fig. 3 The mechanism of a tendon driven system

実験装置 *Experimental Set-up*

レーザー変位センサ
ストロークを計測

ソレノイドバルブ
空気圧を供給

圧力センサ
圧力を計測

ロードセル
力を計測

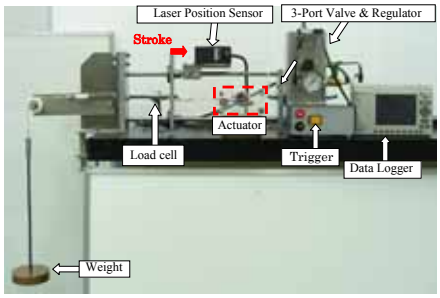


Fig. 4 Experimental set-up for measuring characteristics of proposed tendon drive system.

基礎特性 *Fundamental Characteristics*

ステップ応答特性

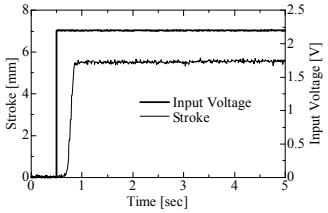


Fig. 5 Step response of the proposed tendon drive system.

圧力ーストローク特性

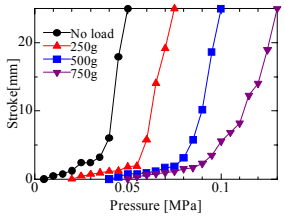


Fig. 6 The relationship between pressure and stroke.

立ち上がり時間：0.11sec，時定数：0.29sec，むだ時間：0.17sec

ストロークは、圧力の増加に伴い下に凸の二次曲線的に増加

生物学的特性 *Biological Characteristics*

等張性収縮特性 *Isotonic Contraction*

等張性収縮：負荷が一定という条件下での収縮

Hillの示性式 収縮力と収縮速度関係からみた筋の特性を示す式

$$(F+a)(V+b)=P$$

$$\left(\frac{F}{F_m}+C\right)\left(\frac{V}{V_m}+C\right)=C(C+1)$$

F：収縮力　V：収縮速度　P, a, b：定数
F_m：最大収縮力　V_m：最大収縮速度
C：筋肉の疲れや体の部位によらない固有の値

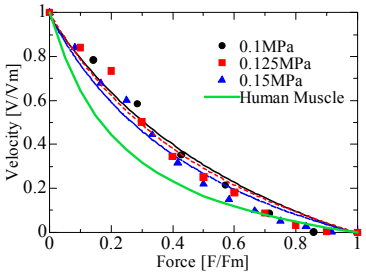


Fig. 8 The relationship between force and velocity

左図は，上式に基づいた腱駆動システムのカー速度関係のグラフ

ヒトの筋特性と同様に、速度は負荷の増加に伴い双曲線状に減少

等尺性収縮特性 *Isometric Contraction*

等尺性収縮：筋長が一定という条件下での収縮

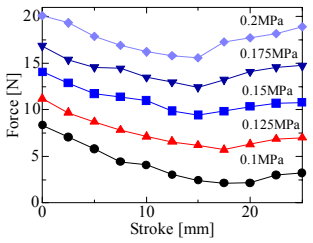


Fig. 9 The relationship between stroke and force

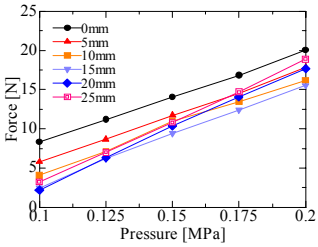


Fig. 10 The relationship between pressure and force

一定ストロークにおいては圧力と発生力は線形関係．

従ってロボットハンドにおいて物を把持する際に，予め入力圧力と把持圧力の関係をマッピングしておけば，把持力を比較的容易に制御できる．

まとめ *Conclusion*

本研究により、開発した腱駆動システムの、人間の手の様なロボットハンドのためのアクチュエータとしての有用性を確かめることができた．