

湾曲型空気圧ゴム人工筋肉を用いた正二十面体型自歪ロボット における構成要素の開発

Development of components in icosahedral self distorted robot using bending pneumatic rubber artificial muscles

○田中厘来*, 石栗尚弥**, 戸森央貴**

○ Riku Tanaka*, Naoya Ishiguri**, Hiroki Tomori**

山形大学*, 山形大学大学院**

Yamagata University*, Yamagata University Graduate School**

キーワード： ソフトロボット (soft robot), 人工筋肉 (artificial muscle), 動作試験 (operation test), 表面処理 (surface treatment)

連絡先： 〒 992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 戸森研究室
田中厘来, Tel.:(0238)26-3217, E-mail: tdn50420@st.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

本研究室では, ソフトロボットの研究を行っている。従来のソフトロボットとして, アクチュエータに空気圧ゴム人工筋肉を用いたロボットアームがある。それらはプーリーなどの硬い機構を有しているため, 腕の曲げ方向には柔らかい駆動を示し衝撃を吸収するが, 横方向からの衝撃には硬い応答を示す。そのため本当の意味で柔軟なロボットとは言えない。本研究では, アクチュエータである人工筋肉に機構の役割を持たせることで, 構造的に柔軟な機構をもち人の近くで駆動しても安全なロボットを作製する。その上で, 高バックドライバビリティの実現を目指す。1)

近年, 少子高齢化が進むにつれ介護ロボットの需要が増加傾向にある。そこで本ロボットの特徴である, 人の近くで駆動しても安全という点を生かし, 将来的には, ロボットにカメラやマ

イク, 温度計などの機器を搭載することで, 見守りロボットとしての利用を考える。

本研究室では以前に, 立方体型自歪ロボットの研究を行っていた。しかし立方体型では走行時に大変形を必要とし人工筋肉に負荷がかかる。また, ロボットが転がる方向の指定の制御が難しいという問題があった。そこで, 立方体以外の正多面体に目を向け, 辺の数が多く, 二面角の最も大きい正二十面体型を採用することとした。

本稿では, 開発した正二十面体型自歪ロボットの各種パーツの説明と, ロボットに使用したタッチセンサーの動作試験について示す。

2. ロボット概要

2.1 正二十面体型自歪ロボットの特徵

Fig. 1 に正二十面体型自歪ロボットの全体像を示す。このように本ロボットは人工筋肉がロ

ボットの骨格をなしており、とても柔軟な構造であるので、あらゆる方向からの衝撃を吸収でき、人のそばで駆動しても安全である。また、衝突時に衝撃を吸収するため、ロボット自身の故障も防ぐことができる。さらに、走行時に地形と制御の多少のズレは吸収でき複雑な環境に対応できる。



Fig. 1 正二十面体型自歪ロボット

2.2 ロボットの構成要素

本ロボットは、おもに以下の4つのパーツで構成されている。

- 1) 湾曲型空気圧ゴム人工筋肉
- 2) ターミナル
- 3) 接続ボルト
- 4) タッチセンサー

以下に、これらのパーツについて説明する。

3. 湾曲型空気圧ゴム人工筋肉を用いたフレーム構造

湾曲型空気圧ゴム人工筋肉とは、空気印加時に曲がる駆動をしめす人工筋肉である。Fig. 2に湾曲型空気圧ゴム人工筋肉の駆動の様子を示す。通常のゴムチューブに径方向の繊維強化を施すと、径方向の膨張が制限され軸方向の伸び

のみが起こるゴムチューブとなる。そこへ、軸方向のある一面にのみ繊維拘束を加えると、拘束をした部分が伸びなくなり、軸方向繊維拘束方向へ曲がる。この人工筋肉を用いてフレーム構造を作っている。

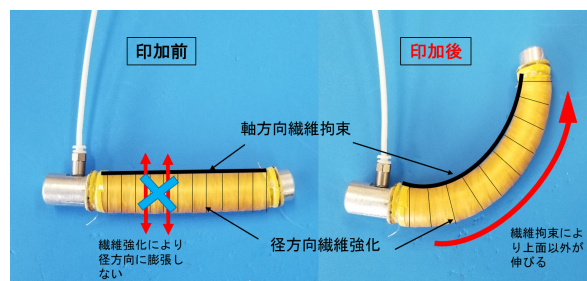


Fig. 2 湾曲型空気圧ゴム人工筋肉の駆動

3.1 ロボットの駆動

本ロボットは正二十面体の形をしており、すべての辺に湾曲型空気圧ゴム人工筋肉を内側に曲がるように接続しロボットを構成している。

底面で床と接触する人工筋肉は3本であり、このうち2本を駆動させることで重心を傾け、もう1本の人工筋肉を回転軸として隣の面を底面とするように転がる。これを繰り返すことで、ロボットは前進する。Fig. 3に自歪ロボットの駆動方法を示す。

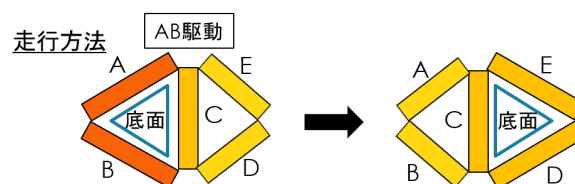


Fig. 3 駆動方法

4. ターミナル

ターミナルは、人工筋肉の栓や空気取り込み口、他の人工筋肉との締結に用いるパーツである。PLA樹脂を用いて、3Dプリンターで作製した。Fig. 4にターミナルを示す。人工筋肉接続部

に湾曲型空気圧ゴム人工筋肉を差し込みホースバンドで固定することで空気孔から人工筋肉に空気を送ることができる。Fig. 5 に固定の様子を示す。



Fig. 4 ターミナル



Fig. 5 人工筋肉の接続

4.1 ターミナル同士の接続

Fig. 6, Fig. 7 にターミナルの接続前後を示す。Fig. 6 のようにターミナルをパズルのように組み合わせカバーで挟み込みボルトで締結することで Fig. 7 のように接続できる。パズル型にすることで1本のボルトで1コーナーすべての人工筋肉の接続が可能である。

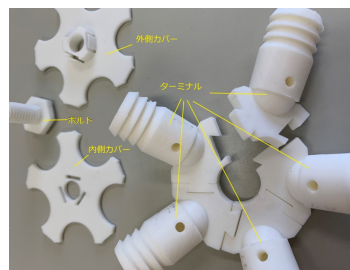


Fig. 6 ターミナル接続前



Fig. 7 ターミナル接続後

4.2 表面処理

本ターミナルは、材料押出堆積法 (FDM法) で造形する3Dプリンターを使用した。そのため、パーツ表面に微細な穴ができ空気漏れが起こった。これを改善するため表面処理をおこなった。処理方法を以下に示す。

- 1) ターミナル全体に有機溶剤 (ジクロロメタン) を滴下する。
- 2) 十分に乾燥させる。

以上のような処理により、溶剤 (ジクロロメタン) がPLAに染み込み表面を溶かした後、細かい穴を塞ぎながら再度固まることで、ターミナルからの空気漏れを防ぐ。

5. 接続ボルト

接続ボルトは、ターミナル同士を接続する部品である。また、本ロボットの中心部にあるコアパーツ (ポンプやバッテリー搭載部) の支えに使用するゴムホースの取り付け部となる。Fig. 8 に接続ボルトの全体像を示す。

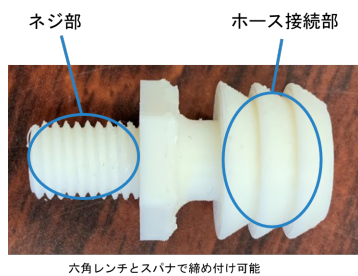


Fig. 8 接続ボルト

6. タッチセンサー

本ロボットは走行時, 底面の2本の人工筋肉を駆動させる. そのため, どの人工筋肉が底面にあるのか自分の姿勢を把握する必要がある. 今回, ロボットの各コーナーにタッチセンサーを取り付け, 床との接触の確認を試みた. 以下にタッチセンサーの概要を示す.

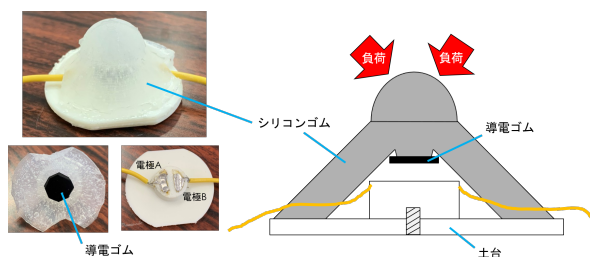


Fig. 9 タッチセンサー

本タッチセンサーは, 上部分の外形をシリコンゴムで作製し, 内側に導電ゴムを貼り付けた. センサーの土台はPLAで作製し, 上面に電極を2つ取り付けた. 無負荷状態では Fig. 9 のように導電ゴムと土台の間に隙間ができ導通しない. しかし, 負荷がかかるとシリコンがつぶれることで導電ゴムが土台に触れ, 電極 A → 導電ゴム → 電極 B のように電流が流れる.

6.1 タッチセンサーの動作試験

6.1.1 試験方法

タッチセンサーが本ロボットに使用できるのか確認するために, 動作試験を行った. 以下に試験方法を示す.

押込試験機 (MCT-2150) を用い, 3つのタッチセンサー A,B,C に負荷角度 0° , 25° , 31.7° (ここで 31.7 はロボット搭載時の床面と負荷の角度) において, それぞれ 0N ~ 60N の負荷を 10N ごとにかけ, Arduino MEGA によりデジタル値を読み取る. これを各4回行った. 回路は Fig. 10 のように 5V の電圧, $100\text{k}\Omega$ の抵抗を使用した. Fig. 11 に試験の様子を示す.

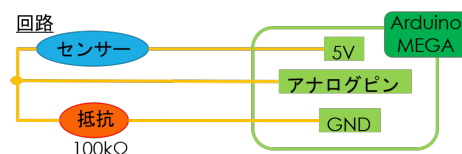


Fig. 10 タッチセンサー使用時の回路

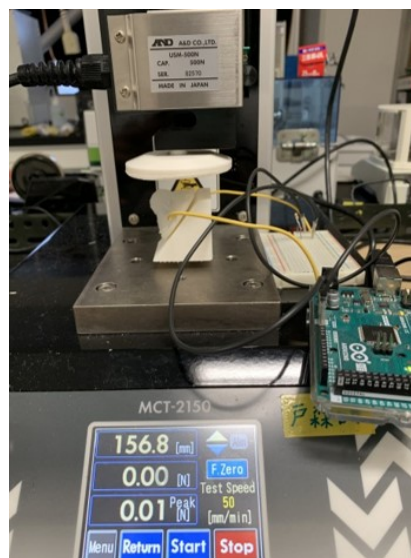


Fig. 11 試験環境

6.1.2 試験結果と考察

タッチセンサー A の各試験結果を Fig. 12 に示す. A の結果から試行回数による試験結果のバラつきは小さいといえる. また, B, C の結果も A と同様にデータのバラつきが小さかった. そのため Fig. 13 のように平均値でまとめた. A, B, C の結果を Fig. 13 に示し考察する.

まず, 試行回数によるデジタル値のバラつきは小さいため, 本センサーは安定して負荷を検

知できる再現性の高いセンサーであるといえる。また、負荷とデジタル値には正の相関がみられることから、過負荷によってデジタル値が低下しセンサーが作動しなくなるといった動作不良は起きづらいといえる。さらに、使用する最大角度(31.7°)においても反応し、無負荷時にはデジタル値が直ちに0になることから、このセンサーは本ロボットに使用できると考える。しかし、センサーによって、同じ負荷でもデジタル値の個体差が大きい。そのため、デジタル値の小さいセンサーでもONとOFFの切り替えがなされるよう閾値を決定する。ここで、床と接触するセンサーの数は3つ、本ロボットの重量が6~7kgであることから、1つのセンサーにかかる荷重は20N程度である。Fig. 13で20Nでのデジタル値の最小値は77である。よって余裕をもってデジタル値50をこのセンサーの閾値とした。

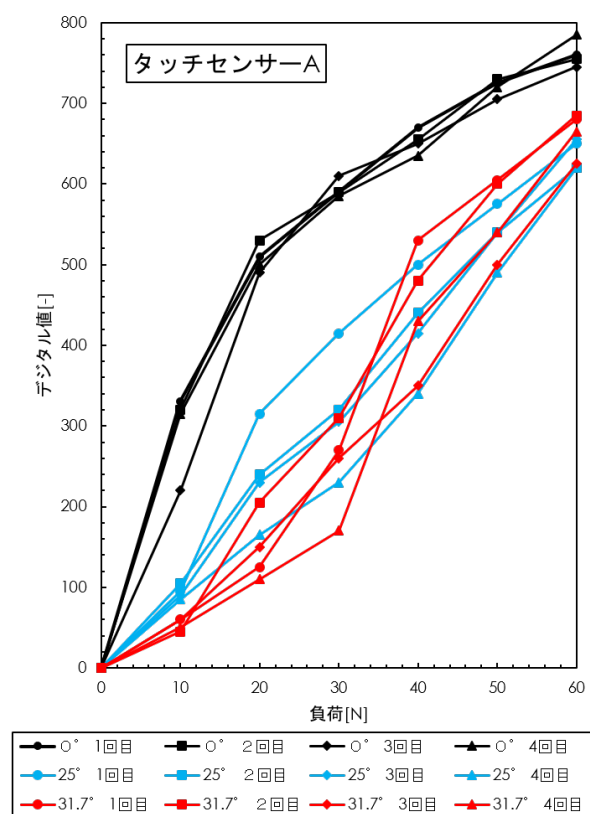


Fig. 12 Aの試験結果

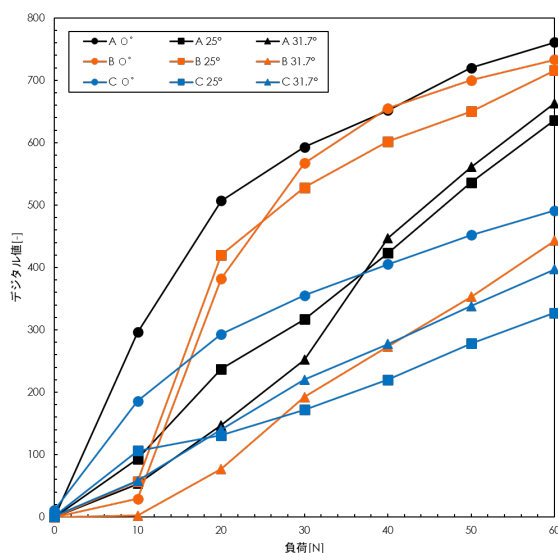


Fig. 13 A, B, Cの試験結果の平均値

7. 結言

今回、各種パーツの開発を行い正二十面体型自歪ロボットを作製した。また、タッチセンサーの動作試験を行い、閾値を決定した。今後は、実際にセンサーをロボットへ搭載し走行試験を行う。

8. 参考文献

- 1) 辻俊明, 原正之: 「人間環境と親和性の高いロボットのためのアクチュエータ」特集について, 日本ロボット学会誌, 31巻6号, 547 (2013)