

ソフト材料を使用した新しい関節の開発

Development of new joints using soft materials

青山 響¹, 渡邊 洋輔², エムディ ナヒン イスラム シブリー², アジット コースラ²,
小川 純², 川上 勝², 古川 英光²

Hibiki AOYAMA¹, Yosuke WATANABE², MD Nahin Islam SHIBLEE², Ajit KHOSLA²,
Jun OGAWA², Masaru KAWAKAMI², Hidemitsu FURUKAWA²

¹ 山形大学工学部

² 山形大学大学院理工学研究科

¹ Faculty of Engineering, Yamagata University

² Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

【要約】

ソフト材料の接合部は静的または低自由度の構造物に対して斬新な振る舞いや構造的柔軟性を与えることができる。特に形状記憶の性質を保有するゲル材料は、3D 造形手法が確立されつつあり、温度変化の仕掛けを構造的に施すことで、構造と物性に裏付けされたしなやかな駆動系として採用することができる。本研究では形状記憶ゲルを活用して高温時のみ関節部分の駆動が可能になるロボットの関節部分を開発する。この関節は流路を持ち、蠕動運動ポンプを介して関節内部に流体を流すことで温度変化を生じさせる構造をもつ。関節部に対して温度に応じた物性を検証する。

キーワード: ソフト材料, ソフトロボット, 3D プリンティング, 関節

【Abstract】

Soft material joints can provide novel behavior and structural flexibility for static or low-degree-of-freedom structures. Especially for gel materials with shape memory, a 3D modeling method is being established, and it can be used as a flexible drive system backed by its structure and physical properties by structurally adding a mechanism for temperature change. In this study, we develop a new type of robot joint which can be driven only at high temperature by using shape memory gel. This joint has a flow channel and a peristaltic pump to make the fluid flow into the joint to cause temperature change. The physical properties of the joint parts are investigated as a function of temperature.

Keywords: soft materials, soft robot, 3D printing, joints

1. 諸言

現在においてソフトロボットの变形を実現する方法として多く採用されている方法は、内骨格系にモーター[1]や滑車などを組み込み電気あるいは空圧を利用する駆動系[2]を構築することである。しかし、人からの外力を受けることが想定される木製家具や木彫り人形などのソフトロボットのように変形させる場合は、パーツを分割し、パーツ間の接合部に柔軟材料を用いることで実現することができる。構造そのものに柔軟性を持たせてしまう技術もあり、柔らかい動きを持つ家具の開発ができることが報告されている[3]。また、人形浄瑠璃に代表される誇張表現の演出としても柔らかい接合部が期待されており、伸ばしたり曲げたりすることで本来の動物以上の動きを可能とすることができる。しかし柔軟機構または柔らかい材料だけでは動的に剛柔を切り替えるためには、材料の物性が編成するのに要する原理と速度応答性、強度を明確に把握する必要がある。本研究では、温度変化で剛柔切替が材料のみでできるソフト関節を開発する。

2. ソフトマタージョイントの開発

2.1 材料の選定



Fig. 1 SirayaTech フレキシブルレジン[4]

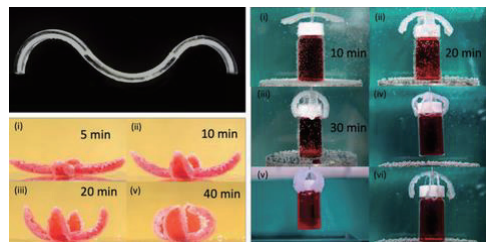


Fig. 2 SMG の温度変化による形状変化[5]

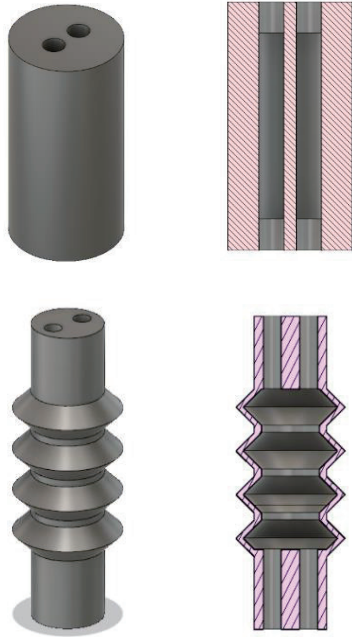


Fig. 3 モデリングした関節(左) 断面図(右)

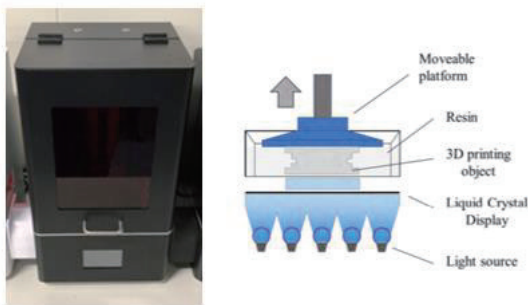


Fig. 4 Prozen shuffle(左) 造形原理(右)[7]

使用する材料は図 1 に示す「SirayaTech 光造形 LCD 3D プリンター用 フレキシブルレジン」[2]と図 2 に示す温度変化でヤング率が変化する形状記憶ゲル (Shape Memory Gels, SMG)[5][6]を採用する。この理由は、類似した物理的性質をもつ両社におけるヤング率の温度変化のソフト関節への影響を比較するためである。SMG の調製にはモノマーとして N, N-ジメチルアクリルアミド(DMAAm), アクリル酸オクタデシル(SA), 光重合開始剤としてジフェニル(2, 4, 6-トリメチルベンゾイル)ホスフィンオキシド(TPO), 架橋剤として N, N'-メチレンビス(アクリルアミド)(MBAA), 吸収材として AS150 を用いた。

2.2 ソフト関節のモデリングと造形手法

関節のモデルは Fusion360 を使用し、図 3 のように設計している。フレキシブルレジン, SMG は特定の波長光を UV 照射することで硬化させて造形でき、ここでは図 4 の光造形 3D プリンタ Prozen shuffle を採用した。

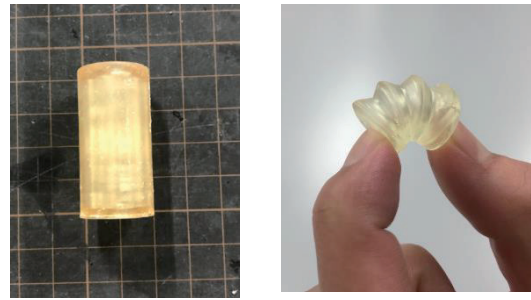


Fig. 5 レジンの円柱と蛇腹

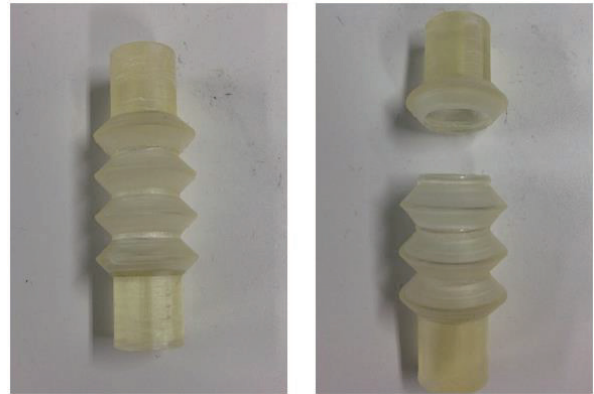


Fig. 6 レジンの問題

本実験では円柱構造と蛇腹構造の 2 種類の造形を行った。円柱構造では単純な形状で関節を作成し曲げに対する様子を観察する。また、温度変化による形状変化の様子も合わせて観察する。円柱構造を使用することで単純な形状による 2 種類の材料の造形試験も兼ねて行うことができる。

蛇腹構造は複雑な形状だが曲げに強いといった特性を持つため本研究に適している[8]。

しかし、複雑な形状であるがために造形が不安定であると推測される。本実験ではフレキシブルレジンで試作を行い、造形可能なモデルを SMG を使用し造形を行う。

構造の内部には図3のような空洞を設け、上部と下部に空洞に繋がる穴を開けた。これは外部から蠕動運動ポンプを介して内部に流体を循環させることを目的に設けた。温度の違う流体を循環させることで材料に温度変化を生じさせ硬度を変化させることができる。そのために造形物には寸法通りの穴と空洞を必要とされ、構造的条件となる。

3.実験方法と結果

3.1 ソフト関節の構造的比較

ソフト関節の造形結果から常温時と高温時の硬度変化と曲げに対する変形を評価し、適切な構造を決定する。

SMG で作成した円柱型関節は常温時には曲がることなく高温時のみ曲がるが、座屈が観測され、この座屈跡は温度変化で戻ることが困難であった。