

環境と共存する機械システムに関する研究

研究代表者 長濱 峻介
(理工学術院総合研究所 次席研究員 (研究院講師))

1. 研究課題

ロボットをはじめとして現代の機械システムは、精密な動きや高出力、高剛性を実現するために主に金属で構成されている。これらの機械は、我々人間に比較すると重量があり硬く高出力であるため、人間にとって安全であるとは言い難い。また、これらの機械システムは長く運用することを目指し自然環境に対し耐性を持つように設計されているため、自然分解されるまで時間がかかり、自然環境に対しても負荷を与えうる。そのため、機械と環境（人間環境や自然環境）が真の意味で共存するためには、機械システムの根本的な設計思想の変更を行う必要があると考える。

本研究では環境に溶け込み共存する機械システムの設計論の構築を目指す。設計論を構築する上で、環境を構成している材料である有機材料に着目し、まずはロボットを対象としてこれらの材料を主体とした機械システムの開発を行っていく。

2. 主な研究成果

(1) 柔らかい触覚センサ

本研究では、柔らかい抵抗式触覚センサである Soft-Magnetic Powdery Sensor (Soft-MPS) の開発とその応答特性の評価を行った。Soft-MPS は、金属粉体を磁場配向させた後に PDMS 等の液体樹脂を流し込み硬化させることにより金属粉体が固定化されたセンサ部を有するセンサである。センサ部に変位を加えることで粉体どうしの位置関係が変化し抵抗値が変化する。金属粉体どうしが初期状態から接触しているため、従来の導電粉体を柔軟材料に分散させた抵抗式のセンサと比較すると、低い接触力の検出が可能である特徴を有する。センサ部の形状は、磁場のレイアウトを工夫することで任意の形状にすることができる（図 1）。評価実験を行い、印可力を検出可能であることを確認できた（図 2）。

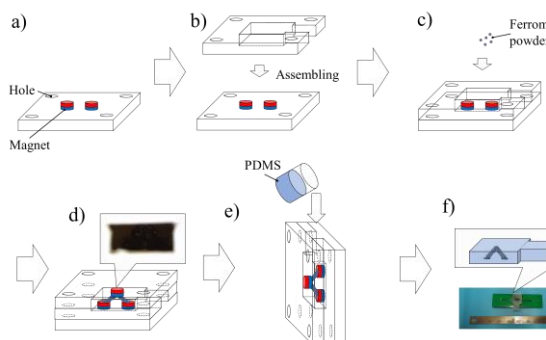


図 1 Soft-MPS の製法

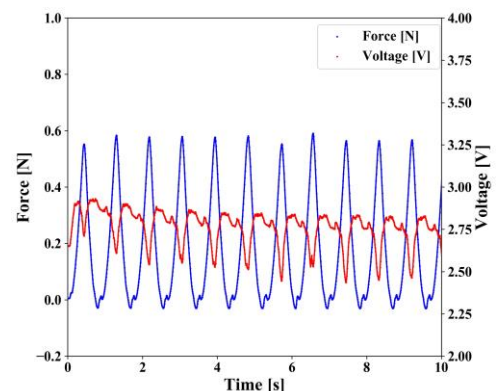


図 2 応答特性

(2) 複数の可逆的結合を有する材料

自己修復性能を有する材料を開発するために、水素結合、イオン結合、疎水結合の3種類を有するハイドロゲル材料を開発した。開発したゲルは、形状記憶特性、高延伸性、自己修復特性、導電性を有していることを確認できた(図3)。さらに、ある湿度下で静置した際に溶解する特性があることを確認した。

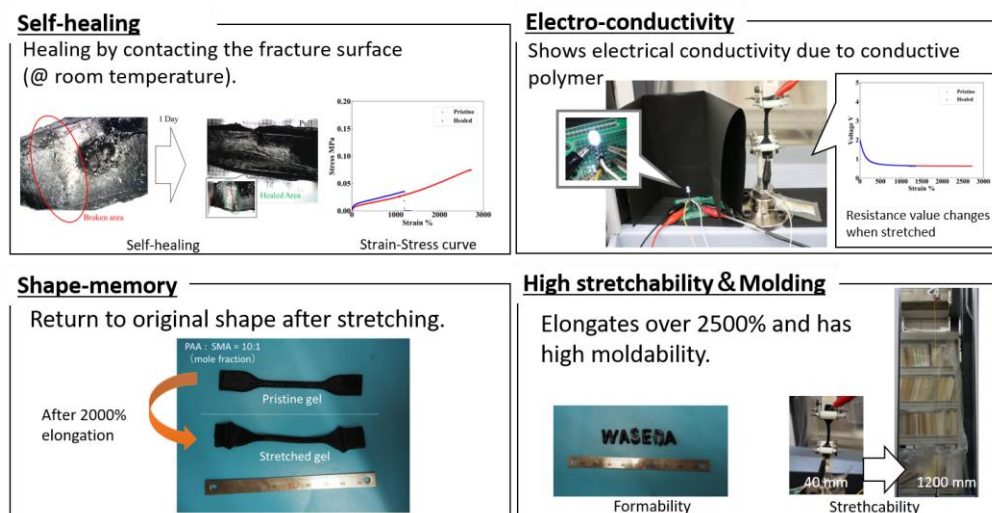


図3 開発した材料の特性(自己修復特性、導電性、形状記憶特性、高延伸性)

(3) 低接触力で大きな把持力を発揮する微小突起の解放機構

Gecko Tapeなどにみられる微小突起構造は、ファンデルワールス力により吸着力を示すといわれている。しかしながら、ファンデルワールス力を直接制御することは難しく、ロボットによる物体の把持の際に物体を解放できないという課題がある。そこで、本研究では、表面に比較的硬い材料の薄膜を密着した柔軟材料に対して表面方向への圧縮力を加えることで周期的な波状構造が発現することに着目した微小突起構造の吸着力制御手法を構築した。図4のように、圧縮力をかけることで吸着力が制御可能であることを確認した。

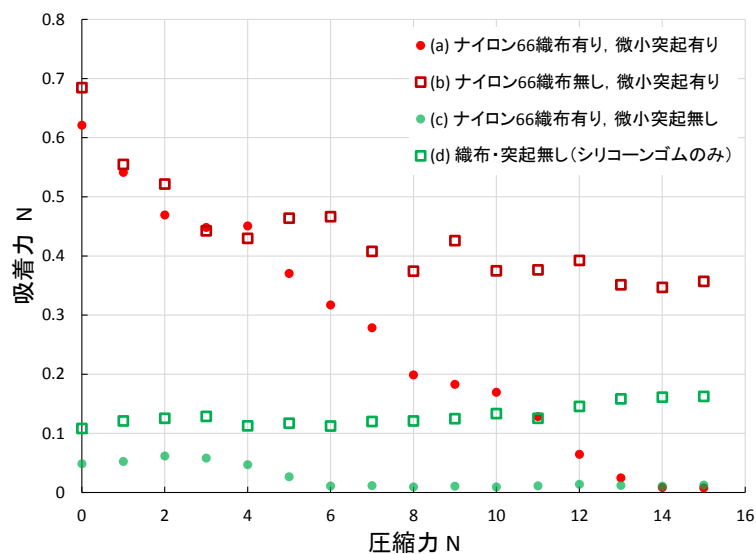


Fig.4 図4 吸着力の制御

3. 共同研究者

某企業

4. 研究業績

4.1 学術論文

Shota Miyake, Shunsuke Nagahama, Shigeki Sugano, “Development of self-healing linear actuator unit using thermoplastic resin,” Advanced Robotics, Vol.33, Issue 23, pp.1235-1247, 2019.

Shunsuke Nagahama, Kayo Migita, Shigeki Sugano, “Soft Magnetic Powdery Sensor for Tactile Sensing,” Sensors (basel), Vol.19, No.12, E2677, 2019.

4.2 総説・著書

特になし

4.3 招待講演

2nd International Workshop on Active Matter for Soft Robotics, Brussels, 2-4 October, 2019

4.4 受賞・表彰

第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 優秀講演賞

4.5 学会および社会的活動

第 22 回おもしろ科学実験教室 in 鴨川 2019 講師, 2019 年 8 月

RSJ2019 実行委員, 2019 年 9 月

SOBIM2019 実行委員, 2019 年 12 月

5. 研究活動の課題と展望

柔らかい触覚センサに関しては, マイクロ加工技術を用いて型を製作し, 分布型の触覚センサを開発することが今後実施していく事項である.

複数の可逆的結合を有する材料に関しては, 一定の湿度で溶解する原因が分かっていないため, 今後調査が必要になる. また, 一定の湿度下でも形状を維持することが可能であるかを今後検討していく.

低接触力で大きな把持力を発揮する微小突起の解放機構に関しては, 皺発生により突起構造に破壊が生じていることが確認した. 今後, 破壊が起こりにくい構造を導入し, 皺発生により吸着力が低下することを抑制する方法を構築する.