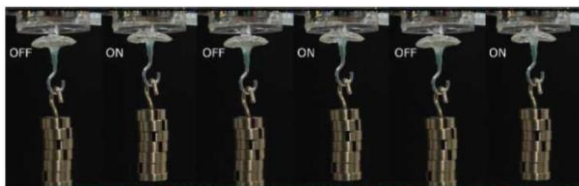


【バイオテクノロジー分野】

仮訳

自己治癒するソフトロボットアクチュエーター（米国）

2020年7月27日



タンパク質系人工筋肉の種類で、生体筋を上回る性能を実現。ソフトロボット部品には他にも、ソフトグリッパーやソフトアクチュエーターが含まれる。画像提供: 本論文の主執筆者で、Demirel 研究室の元博士課程学生の Abdon Pena-Francesch 氏。(現在はミシガン大学で自身の研究グループを設立)

アメリカ合衆国ペンシルベニア州ペンシルベニア州立大学構内—ソフトロボットのアクチュエーターは繰り返しの動作で摩耗するが、このような機械の可動部品には高い信頼性が必要で、かつ簡単に修復できなければならない。この度、研究者たちが、イカの環歯のパターンをベースにした、生分解性で自己修復可能な、バイオ合成ポリマーを開発した。アクチュエーターに加え、化学防護服や微少な穴が開くことで危険性が高まるアプリケーションにも適している。

「既存の自己修復型材料には、修復強度が低いことや、修復時間が長いといった、実用的なアプリケーションを制限する欠点があります。」と、研究者らは、本日(7月27日)発行の「Nature Materials」誌で発表している。

本研究では、天然のタンパク質を模倣した高強度の合成タンパク質を作製した。同タンパク質は、模倣した生物と同じように、微細な傷や目に見える傷を自己修復できる。

「私たちの目標は、合成生物学を利用して、物理的な性質を、前例がないほど制御する、自己修復可能な材料を作製することです。」と、Lloyd and Dorothy Foehr Huck Chair in Biomimetic Materialsで、理工学・機械学教授のMelik Demirel氏は言う。

産業用ロボットアームを搭載したロボティックマシンや人工義肢等は、動く接合部を持つので、この動きに適応するソフトな材料が必要だ。人工呼吸器や各種の個人用防護具(PPE)も同様である。しかし、連続的に繰り返し運動をする材料には全て、小さな裂け目や亀裂が生じ、最終的には破損する。自己修復する材料を使用すると、初期の微小な傷

は、破壊的な破損が生じる前に修復できる。

YouTubeビデオは、[こちらから](#)。

イカのビデオ:ソフトロボットのアクチュエーターは、繰り返しの動作で摩耗するので、機械の可動部分には高い信頼性が必要で、かつ簡単に修復できなければならない。研究チームでは、イカの環歯のパターンをベースにしたバイオ合成ポリマーを開発。同ポリマーは自己修復性と生分解性を持ち、アクチュエーターに加え、防護服など、微細な穴が危険を引き起こす可能性のあるアプリケーションにも適している。

Demirel氏の研究チームでは、遺伝子重複により生成したアミノ酸で構成された一連のDNAのタンデムリピートを利用して自己修復ポリマーを作製する。タンデムリピートとは、通常、何度も反復するように配列された短い一連の分子である。研究者たちは、同ポリマーを標準的なバイオリアクターで作製した。

「修復時間を通常の24時間から1秒間に短縮できたので、このタンパク質ベースのソフトロボットはすぐに自己修復できるようになりました。」と、論文の主執筆者で、Demirel氏の研究室の元博士課程学生のAbdon Pena-Francesch氏は言う。「自己修復は、自然界では長い時間がかかります。その意味では、私たちの技術は自然を凌駕しています。」

自己修復ポリマーは、水と熱を適用することで修復するが、Demirel氏によると、光を使用しても修復できるという。

「このポリマーを半分に切断しても、修復後には、強度は100%回復します。」と、Demirel氏は言う。

ドイツ、シュトゥットガルトのマックス・プランク知的システム研究所物理情報部門の責任者、Metin Sitti氏と同氏の研究チームは、新ポリマーに穴を開けて修復する研究を実施した。その後、ソフトアクチュエーターを作製し、使用中に入ったヒビを約1秒間でリアルタイムに修復した。

「近い将来、ロバストで耐障害性のあるソフトロボットやアクチュエーターの構築には、自己修復する物理的にインテリジェントなソフト材料が必要となるでしょう。」と、Sitti氏は言う。

Demirel氏の研究チームは、タンデムリピートの数を調整して、迅速に修復し元の強度を維持するソフトポリマーに加え、100%の生分解性で、元のポリマーに100%リサイクル可能なポリマーも作製した。

「石油系ポリマーの使用は、様々な理由から最小限に抑えたいと考えています。」と、Demirel氏は言う。「遅かれ早かれ人類は石油を使い果たしますし、また石油系は地球を汚染し、温暖化を促進します。私たちが開発したポリマーは、安価なプラスチックとはとても競合できません。競合できる唯一の方法は、石油系ポリマーが提供できないものを供給することであり、自己修復機能はそれに必要な性能です。」

Demirel氏によると、石油系ポリマーの多くはリサイクル可能にも拘わらず、元の形状とは別のものにリサイクルされてしまうという。例えば、ポリエステル繊維のTシャツは、ペットボトルにはリサイクル可能だが、再びポリエステル繊維にリサイクルすることはできない。

新ポリマーが模倣するイカが海中で生分解するのと同様に、バイオミメティックなポリマーも生分解する。新ポリマーは、酸性の酢を添加すると粉末状にリサイクルし、以前と同様のソフトな自己修復ポリマーが製造できる。

「本研究は、合成生物学的なアプローチを利用して、天然のタンパク質以上に到達可能な材料特性の展望を明らかにします。」と、米陸軍戦闘能力開発司令部の陸軍研究所の一部門である陸軍研究局のバイオ化学プログラムマネージャー、Stephanie McElhinny氏は言う。「これらの合成タンパク質の迅速で高強度な自己修復機能は、個人用防護具や限られた空間で操作できるフレキシブルロボットのような、将来の軍用アプリケーションへの新規材料の供給を実証します。」

PennStateの理工学・機械学のポスドク研究員であるHuihun Jung氏も、本プロジェクトに従事した。

本研究は、マックス・プランク研究所、アレクサンダー・フォン・フンボルト財団、独連邦教育研究省(BMBF)、米国陸軍研究所(ARO)およびPennStateのHuck Endowmentが支援した。

翻訳：NEDO（担当技術戦略研究センター）

出典：本資料はペンシルベニア州立大学(PennState)の以下の記事を翻訳したものである。

“Soft robot actuators heal themselves”

(<https://news.psu.edu/story/626375/2020/07/27/research/soft-robot-actuators-heal-themselves>)

(Reprinted with permission of The Pennsylvania State University.)