

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

ソフトロボットにスーパーパワーを与える人工筋肉（米国）

2017年11月27日

折り紙に着想を得た筋肉は、柔らかく強く、1ドル未満で作製可能

Lindsay Brownell 著

（マサチューセッツ州ケンブリッジ） ソフトロボティクスは、ここ10年間で飛躍的に発展した。世界各国の研究者が、かつて固くぎこちない動きだった機械を曲げたり収縮させたりするために、様々な材料や設計を試したので、機械は、より自然に生物を模倣し、生物と相互作用できるようになった。しかし、柔軟性と器用さが向上すると、代償として強度が下がる。材料は、一般的に、柔らかくなるほど固い材料の強度や弾性を失い、用途が制限される。



（動画: 画像上で Ctrl キーを押しながらクリックしてリンク先を表示）  
このビデオは、折り紙に着想を得た人工筋肉が、カスタマイズされて如何なる形にでもなり得る様子を見せたもので、自重の1,000倍までの重量の物体を持ち上げることが分かる。  
Credit: Shuguang Li / Wyss Institute at Harvard University / MIT CSAIL

ハーバード大学ヴィース研究所と MIT コンピュータ科学・人工知能研究所（CSAIL）の研究チームは、折り紙に着想を得て、ソフトロボットの強度を上げる人工筋肉を開発した。この人工筋肉は、空気圧あるいは水圧を用いるだけで自重の最大1,000倍までの物体を持

ち上げることが可能なもので、ソフトロボットに待望の強度を与えることになる。本研究については、今週、*米国科学アカデミー紀要 (PNAS)* にて[掲載される](#)。

「このアクチュエーター（別称「筋肉」）の強さにはとても驚きました。普通のソフトロボットの最大機能重量を超える重量は持てるだろうと予想していましたが、1,000 倍増加するとは期待していませんでした。まるで、ロボットにスーパーパワーを与えるようなものです。」と、MIT 電気工学・コンピュータ科学部アンドリュー・アンド・エルナ・ビタビ記念教授で、本論文上席著者の 1 人である Daniela Rus 博士は言う。

「人工筋肉のようなアクチュエーターは、工学分野全ての中で最も重要な大課題のうちの 1 つです。」と、本論文の連絡先著者で、ヴィース研究所 Founding Core Faculty メンバー兼ハーバード大学ジョン・A・ポールソン工学・応用科学部 (SEAS) チャールズ・リバー記念・工学・応用科学教授の Rob Wood 博士も言う。

「自然な筋肉に似た特性を持つアクチュエーターを生み出した今、たいていのタ

スクについては、どんなロボットでもだいたい作製できると思っています。」



折り紙に着想を得た人工筋肉は、単に空気圧や水圧を適用するだけで、自重の 1,000 倍の重量までの物体を持ち上げることができる。  
Credit: Shuguang Li / Wyss Institute at Harvard University / MIT CSAIL

この人工筋肉は各々、金属コイルや特定のパターンに折り畳まれたプラスチックシートなどのさまざまな材料で作られた「スケルトン（骨格）」を内蔵しており、スケルトンの周りを覆う空気や液体を、「皮膚」の役割を担うプラスチックや布製の袋で封入する、という構成になっている。袋の中を真空にすると、皮膚（袋）がスケルトンへとしぼみ、そこに張力が生まれて動きが生じ、筋肉の動作が始まる。信じがたいことに、筋肉の動作を指令するのに他の電力源や人による動力は不要である。動作は、スケルトンの形や構成により完全に決まる。

「スケルトンの折り方で構造全体の動作が決まるという意味では、この筋肉がプログラム化できるものであることが、重要な点の一つです。基本的に、制御システム無しに、自由に筋肉の動きを生じさせられます。」と、本論文第一著者で、ヴィース研究所および MIT CSAIL 博士研究員の Shuguang Li 博士は言う。このアプローチのおかげで、筋肉は非常に小型で単純なものになり、大型機械や重機に適応できないモバイルシステムや装着型システムに適したものとなった。



人工筋肉スケルトンの構造ジオメトリが、筋肉の動きを決定する。Credit: Shuguang Li / Wyss Institute at Harvard University / MIT CSAIL

**「人工筋肉のようなアクチュエーターは、工学分野全ての中で最も重要な大課題のうちの1つです。」**

**-Rob Wood**

「ロボットを作る際には、いつも『インテリジェンスはどこだ。身体の中か、それとも脳の中か?』と、考えなければなりません。」と、Rus 博士は言う。「インテリジェンスをロボットの身体に（本アクチュエーターの場合は、特別な折り畳みパターンで）組み入れることで、ロボットが目標達成するように指令を出すアルゴリズムを単純化できる可能性があります。どのアクチュエーターにも、同一の簡易なオン・オフスイッチが付いていて、さまざまな動きへと形が変わります。」

研究チームは、金属バネや発砲スチロールからプラスチックシートまで幅広く材料を用いて筋肉を数多く作り、さまざまなスケルトンの形を試した。そして、単に空気を吸い出すだけで、大きさを元のサイズの 10%にまで縮小できる上、地面から繊細な花を拾い上げて、ねじれてコイル状になることもできる筋肉を作り出した。

本人工筋肉は、いろいろな動作ができるだけでなく、弾性も卓越している。単位面積当たり、哺乳類骨格筋の約 6 倍の力を発することが可能だが、非常に軽量でもある。2.6 グラムの人工筋肉は、3 キログラムの物体を持ち上げることができるが、これはマガモが自動車を持ち上げるのに相当する。さらに、筋肉 1 本は 10 分以内で作ることが可能で、1 ドル未満の材料を使うので、安価で生産でき、試験や反復も容易である。

本人工筋肉は真空を利用して動くものだが、この特性のおかげで、現在試験中の他の人工筋肉よりも、大概において安全なものになっている。「ソフトロボットのアプリケーションの多くは、人間を主体にしているものなので、安全性を考慮するのはもちろん重要です。」と、本論文共著者で、ヴィース研究所リサーチエンジニアの Daniel Vogt 氏は言う。「真空ベースの筋肉は破裂、故障、損傷の恐れが低く、動作する際に膨張しないので、人体に密着したロボットに組み込むことができます。」

「筋肉に似た特性に加え、ソフトアクチュエーターは高度にスケラブルです。数ミリメートルから 1 メートルまで様々なサイズのものを作りましたが、性能は一律に維持できました。」と、Wood 博士は言う。この特性は、本人工筋肉が多様なスケールにて、さまざまなアプリケーションに使用できるということを意味する。例えば、小型外科用装置、ウェアラブルなロボット外骨格、変形可能な構造物、調査・建築用深海マニピュレーター、宇宙探査用大型展開建造物などに使用可能である。

研究チームは、水溶性ポリマーPVA から筋肉を作ることにも成功し、環境への影響を最小限にしつつ自然環境にてタスクを遂行するロボットや、体内の適切な箇所まで移動してから溶解して薬剤を放つ体内摂取可能ロボットなどの可能性が拓かれた。「可能性は本当に無限です。でも、私がこの筋肉を使って次に作りたいのは象のロボットで、本物の象のように、柔軟かつパワフルに、世界を操作できる鼻を持つロボットです。」と、Rus 博士は言う。

「アクチュエーターは、ハーバードの Wood 研究室と MIT の Rus グループの共同作業を通して開発され、慣習に制限されることなく、自然界から着想を得るというヴィースのアプローチの良例となりました。結果、自然を模倣するだけでなく、自然を超えるシステムが実現しました。」と、ヴィース研究所の創設ディレクターであり、ハーバードメディカルスクールおよびボストン小児病院血管生物学プログラムのジュダ・フォークマン記念・血管生物学教授兼 SEAS 生物学教授の Donald Ingber 博士は言う。

本研究は、米国国防高等研究計画局 (DARPA)、米国国立科学財団 (NSF)、ヴィース研究所より資金提供されている。

翻訳：NEDO 技術戦略研究センター企画課

出典：本資料は、ハーバード大学ヴィース研究所 (Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering at Harvard University) の以下の記事を翻訳したものである。  
“Artificial muscles give soft robots superpowers”  
(<https://wyss.harvard.edu/artificial-muscles-give-soft-robots-superpowers/>)  
(Reprinted with permission of the Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering at Harvard University)