

中央大学として初の大学発ベンチャーであるソラリスは、生物や生体の機構（バイオメカトロニクス）を活用した「柔らかいロボット」に注力し、軽量で高出力の空気圧人工筋肉や、ぜん動運動ポンプなどの独自技術で実用的な成果を出している。

企業名	SoLARIS 株式会社ソラリス		
主力事業	ソフトロボティクス・メカトロニクスの研究開発。人工筋肉の開発と販売。		
所在地	本社：〒104-0031 中央区京橋 1-1-5 セントラルビル 2F 事業所（連絡先）：〒112-8551 文京区春日 1-13-2 中央大学後楽園キャンパス 2号館 2802		
TEL	080-7693-7300	URL	https://solaris-inc.com/
資本金	5,000万円	在籍者数	13名

【本技術の概要】

産業用ロボットに代表されるような従来型のロボットは、高速で正確な位置制御を優先させるため「固く」「頑丈」である必要があった。一方、人間を含めた生物は、軽くて柔らかい構造を持ち、数万年をかけてそれぞれの環境に適応するように独自の進化を遂げてきた。

ソラリスは、このような生物や生体の機能を活用した柔らかいロボット（ソフトロボット）などの研究開発成果を発表している。たとえば、人間の筋肉を模した「軸方向繊維強化型人工筋肉」や、大腸で行われているぜん動運動を手本として製造現場で取り扱われている粉体や高粘性流体、固液混合流体などを低圧力・低せん断力により、搬送・混合が可能な「大腸型ぜん動ポンプ」を開発している。

【軸方向繊維強化型人工筋肉の基本原理解】

通常、風船のような膨張体は内部に空気圧を印加すると、パスカルの原理により四方八方に膨張する(図1)。今回開発した人工筋肉は、ゴムチューブに補強繊維を複合させることで、加圧時に半径方向に膨張し、軸方向には収縮する原理(図2)。この仕組みから、空気の印加によって「収縮力」が得られるアクチュエータとしての機能を発現する。



図1. 通常の風船の膨らみ方

図2. 軸方向繊維強化型人工筋肉

【有望技術紹介 No.43】

図3に開発された軸方向繊維強化型ゴム人工筋肉の構造と収縮メカニズムについて示す。ゴムの膨張に対して繊維を軸方向にのみ拘束し空気圧を供給すると、ゴムは軸方向には膨張しないで半径方向のみに膨張する。このとき、繊維は伸びないのでチューブの膨張分だけ軸方向に収縮力を得ることができる。この方法は、チューブ全体に加えられた圧力を効率よくアクチュエータの収縮力として伝達している。さらに、拘束繊維を紐のようにもじった繊維ではなく、直径数 μm のカーボンロービング繊維をゴムチューブ内に層状に内挿することで、拘束繊維と弾性媒体との磨耗が減少するとともに、ゴム部の膨張時における応力集中を避け、大きな圧力まで耐えることができる(図4)。

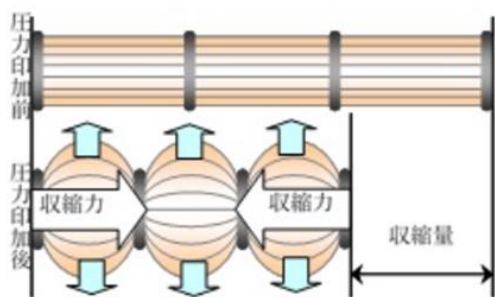


図3. 高出力人工筋肉の駆動原理

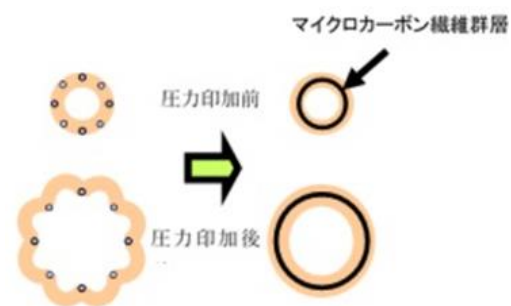


図4. 空気圧印加時の人工筋肉の断面図

開発した人工筋肉の特性では、ゴムチューブに軸方向に揃えた補強繊維を配置しているため、加圧時に半径方向に膨張し、軸方向に収縮する。低圧駆動で最大38%以上収縮するなど、マッキベン型人工筋肉^(注)と比較して優れた特性を持つ(図5参照)。また、高収縮特性ではマッキベン型人工筋肉の4倍にあたる最大2,000Nを達成した(図6参照)。

(注) 1961年J.McKibben(マッキベン)によって開発されたリハビリ用アクチュエータ。プリチストンによって商品化された。人工筋肉として一般的に知られている。

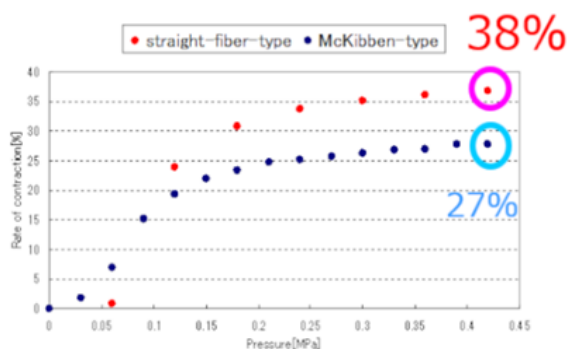


図5. 収縮率の比較

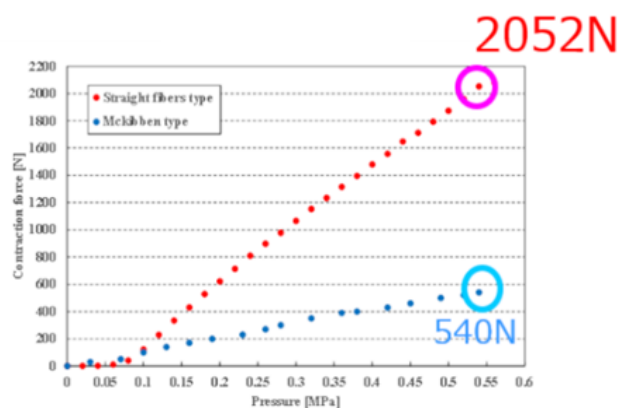


図6. 収縮力の比較

また、これまででは、伸縮の回数が数百から数千回に達した段階で破断していたが、ゴムの“伸張結晶化特性”を利用することで、80万回を超える伸縮が可能となった。本研究テーマの目標値である20万回(装着者が1分間に2回程度アシストされることを仮定し、1日5時間稼動で1年程度使用可能)を達成した(図7)。

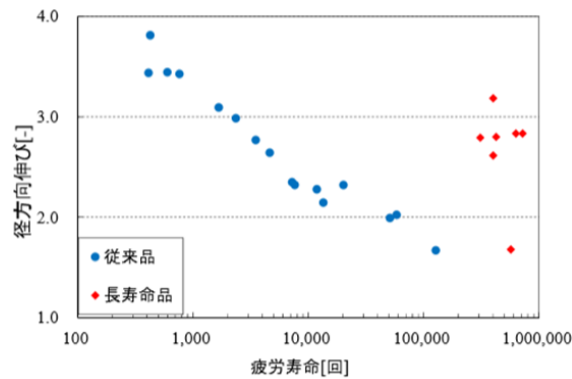


図7. 長寿命化の達成

【特徴】

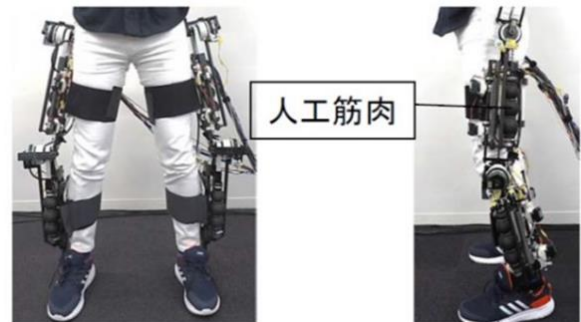
- ① 軽量で出力密度が高い。
- ② 水中や粉中で使用可能であるなど、耐環境性に優れている。
- ③ 摺動部がなくスティックスリップが生じない。
- ④ 人間の筋特性と同様の柔軟性を持っている。
- ⑤ 材料費が安価である。消耗品として使用することが可能。

【本技術の応用事例】

生物や生体の機能を応用した最先端のソフトロボット技術をコアに、今回開発した長寿命型の軸方向繊維強化型人工筋肉を適用した可変粘弾性アシスト装具、大腸のぜん動運動を手本としたぜん動運動ポンプなど、企業、JAXA などと連携した商品開発を展開している。

(1) 装着型人工筋肉

医療・介護分野や農業、工場、流通業界の現場において、重量物の運搬は体に大きな負担を伴う。これに対して、高出力で小型、かつ軽い人工筋肉を用いて、腰や膝等の身体の様々な箇所のアシストを目的とした装着型デバイスを開発している。



(2) ミミズロボット

ビルや工場、住宅などに設置されている換気設備には、ダクトと呼ばれる配管により空気が運ばれる。このダクト清掃には、自走式ロボットや空気圧駆動の清掃器具などが用いられている。これらの清掃器具をダクトの一端から挿入してホコリなどを落とし、他方に取り付けた集塵機で吸い取って清掃が行われている。ダクトサイズが大きく、湾曲部が少ない場合は、清掃が比較的容易であるが、一般住宅等で用いられているダクトのように口径サイズが小さく、湾曲部が多い場合では完全に清掃できていない。この課題解決に向けてミミズロボットを開発している。



【有望技術紹介 No.43】

(3) 大腸型ぜん動ポンプ

ソラリスの代表取締役社長兼 CEO で、中央大学理工学部 精密機械工学科教授の中村太郎氏（写真右）等と宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙飛翔工学研究系准教授の羽生宏人氏らは、2018年3月16日、ソフトアクチュエーション技術による大腸のぜん動運動を規範とした革新的固体ロケット燃料製造手法を開発したと発表した。中村研究室が開発した軸方向繊維強化型人工筋肉を用いたポンプを使い、人の大腸のぜん動運動を模倣した動きによって、材料を混合して搬送する技術である。この技術により、扱いが難しい固体ロケット燃料を、安全、効率的にかつ連続的に製造することができる。



【沿革】

- 2009年 9月 中村太郎准教授が高出力人工筋肉剛性制御手法の研究で日本ロボット学会研究奨励賞を受賞。
- 2010年 4月 ミミズの移動を規範とした蠕動運動型移動機構の開発で日本機械学会奨励賞受賞。
- 2013年 10月 「自然に学ぶものづくり本賞」を受賞。
- 2018年 3月 JAXA と共同で大腸蠕動運動を規範とした固体燃料ロケット燃料製造手法を開発。
- 2018年 9月 JAXA 宇宙探検イノベーションハブに採択された。
- 2019年 12月 (株)竹中工務店共同で土砂の搬送が可能なぜん動ポンプ（世界初）試験機を開発。

専門家による目利きコメント

生物や生体の機能を手本とした最先端のソフトロボット技術は、軽量でありながら高出力で環境に優しいデバイスにつながるものが多い。ソラリスの空気圧を利用した人工筋肉や、腸管のぜん動運動を手本としたポンプへの応用技術は、今後様々な分野のものづくり技術に寄与していくと思われる。

お問い合わせ

中央大学研究推進支援本部 研究支援室
産学連携担当
TEL:03-3817-1603、E-mail:crpo-grp@g.chuo-u.ac.jp