



Tokyo Tech

**BRIDGESTONE**

平成29年1月26日

報道機関各位

東京工業大学  
株式会社ブリヂストン  
科学技術振興機構（JST）  
内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）

## 内閣府 ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジによる 油圧駆動ハイパワー人工筋肉の開発

内閣府総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）タフ・ロボティクス・チャレンジ（プログラム・マネージャー：田所諭）の一環として、東京工業大学 鈴森康一（すずもりこういち）教授と株式会社ブリヂストン 櫻井良（さくらいりょう）フェローらの研究チームは、極限の災害現場で活躍可能なタフなロボット実現のカギの一つである油圧駆動のハイパワー人工筋肉の開発に成功しました。今回開発した人工筋肉は材料にゴムチューブを用いることにより軽量かつ衝撃や振動に強く、大きな力を出すことができます。この人工筋肉を用いることで、コンパクトで省エネ型のタフなロボットの実現が可能になります。また、将来的には、今までにない小型軽量で高出力の産業用・家庭用ロボットへの展開も期待されます。

### ポイント

- 「軽くて強い力」—超軽量、ハイパワー（従来の電気モータや油圧シリンダに比べ約5～10倍の大きな「力/自重比」）。
- 「丈夫で壊れにくい」—高耐久性・高耐油性ゴムによる高い耐衝撃性と耐振動性を実現。
- 「優しくて力持ち」—大きな力も細かな力も多彩な作業や制御が可能。産業用および家庭用ロボット等幅広い用途への発展も期待されます。

### <研究の背景と目的>

ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジでは、東日本大震災、阪神淡路大震災など、災害時の極限環境においても人命救助や安全確保に効果を発揮できるタフでへこたれない「タフロボット」の実現を目指しています。現在のロボットを災害環境下へ適用する際には、「現場で動けない」、「現場の状況が不明」、「失敗すると全体が破綻」、「作業条件が合わない」等が課題として挙げられ、それらの課題の克服が本プログラムの目標達成のために必要です。

本プログラムでは、災害現場のような過酷な環境下でも壊れにくく、機動性に富み、大きな力を使って災害復旧などに活躍できる「タフロボット」の実現を目指し、そのキーコンポーネントの一つである「タフ油圧アクチュエータ」の研究開発を進めています。アクチュエータとは、モータやシリンダに代表される「動きや力」を発生する装置の総称です。現在の大多数のロボットは民生用を中心に広く使用されている技術の延長として電気モータで駆動されますが、構造上、①「力/自重比」（発生力をアクチュエータの重量で割った値）が低い（重くて力が弱い）、②外部からの衝撃や振動に弱い（壊れやすい）、③状況に応じて大きな力を出すと同時に柔らかく動くことが難しい、という問題がありました。

上記の問題を踏まえ、東京工業大学とブリヂストンは、大きな力を出すことができ、かつ作業に応じて柔らかく動くことも可能な人間の筋肉に着目し、それを人工的に再現することを試みてきました。さらに人間では出し得ないような高い出力をを目指すアプローチにより、平成 26 年度より共同して「ハイパワー人工筋肉」の研究開発を進めてきました。この人工筋肉は、ゴムチューブと高張力繊維から構成され、油圧で動作します。ゴムチューブと高張力繊維によりなめらかな動きを実現するとともに、油圧での動作を可能とすることで高い「力/自重比」、高い耐衝撃性/振動性、さらに、作業に応じて柔らかい動作も可能、といった特徴を有します。

外部からの衝撃や振動に対して頑強で、大きな力作業が行え、必要に応じて微妙な力の制御が必要な作業も丁寧にこなすことができる、従来に比べて格段に「タフな」ロボット実現に新しい道を拓くものです。

### <研究成果の概要>

今回開発に成功したハイパワー人工筋肉は、「マッキベン型」と呼ばれるタイプの人工筋肉です。図 1 に示すように、ゴムチューブとその外周に編み込んだスリーブ(多数の繊維を円筒状に組み上げたもの)から構成されます。通常のマッキベン型人工筋肉は  $0.3\sim0.6\text{ MPa}$  ( $\approx 3\sim6\text{ kgf/cm}^2$ ) の空気圧で動作しますが、今回開発した人工筋肉では、油圧での駆動を可能とし、通常のマッキベン型人工筋肉より遙かに高い  $5\text{ MPa}$  ( $\approx 50\text{ kgf/cm}^2$ ) の圧力での動作を実現することで、格段に大きな力を発生させることに成功しました。研究チームでは、①優れた耐油性と変形特性を持つゴム素材を新たに開発するとともに、②高張力の化学繊維の編み方を工夫し、③高圧に耐えうるチューブ端末締め付け技術の開発に取り組みました。この結果、耐圧性と耐油性を高いレベルで両立させ、また、高い油圧を効率よく力の発生に変換できる、革新的軽量ハイパワー人工筋肉を実現しました。これは、従来の電気モータや油圧シリンダに比べて約 5~10 倍の大きな「力/自重比」の発現が可能な革新的なアクチュエータです。

今回開発した人工筋肉は、ゴムチューブと編み込まれたスリーブにより構成されることから、外部からの激しい衝撃や振動に対して頑強であることも大きな特徴です。従来の電気モータで駆動されるロボットでは難しかった衝撃の加わる作業(例えば、インパクトドリルを使った壁の穴あけ作業や、コンクリート壁等の研り(はつり)作業)が行えるタフロボットの実現が期待されます。

開発した人工筋肉の一例について、図 2 に動作の様子を、図 3 に特性をそれぞれ示します。図 4 には、簡単なロボット関節への応用例を示します。

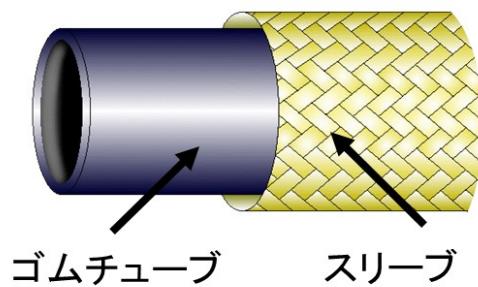


図1 マッキベン型人工筋肉の構造



図2 開発した「油圧ハイパワー人工筋肉」の動作例

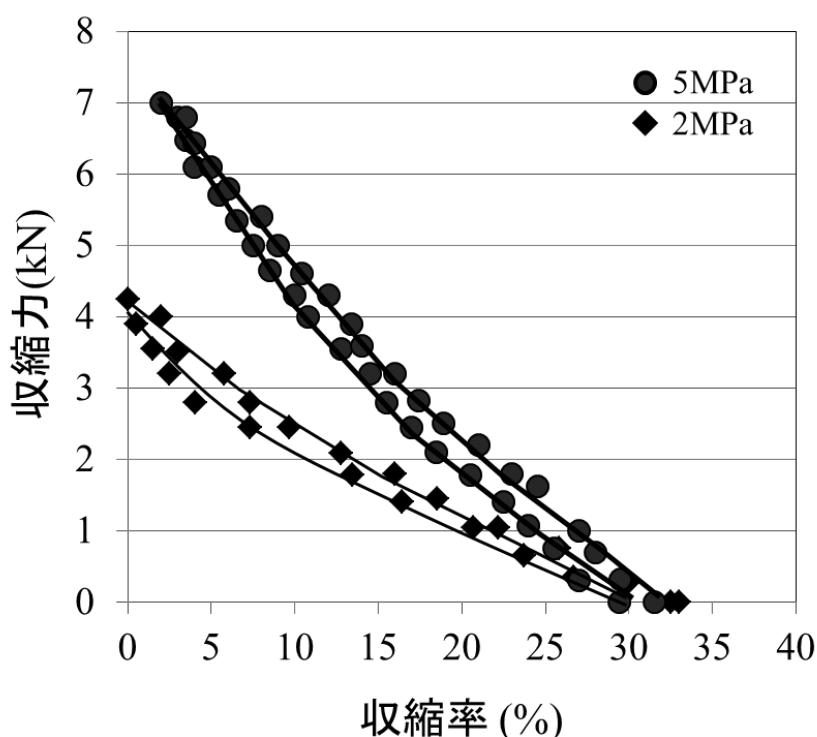


図3 開発した人工筋肉の特性(外径 15mm、最大収縮力 7kN (=700kgf)、最大収縮率 30%)  
(注: 収縮率とは人工筋肉の収縮量を人工筋肉の元の長さで割った割合)

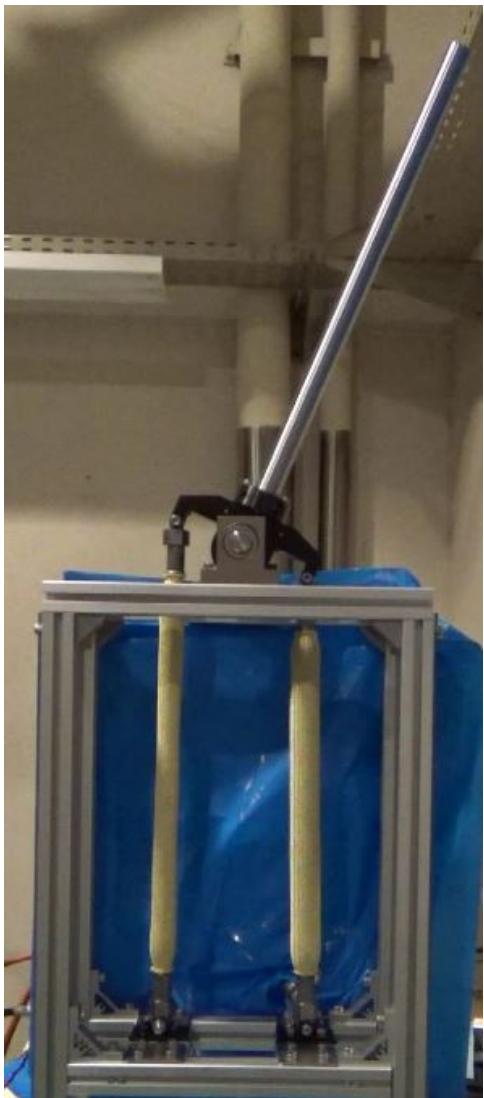
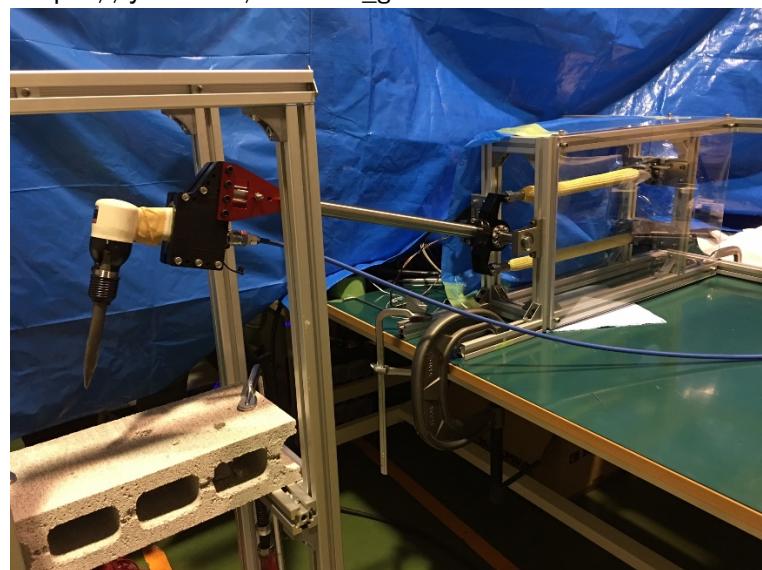


図4 ロボットアームへの応用例(左：2本の人工筋肉を用いたロボットアーム、右：6本の人工筋肉を用いたロボットの手首部)

<(YouTube) 人工筋肉を使用したロボットを用いたドリルによるコンクリート破碎デモの様子>  
[https://youtu.be/a6mRhuR\\_g-E](https://youtu.be/a6mRhuR_g-E)



## <今後の展開>

今後、本人工筋肉を用いたタフロボットの開発・実用化を進め、安全安心社会と高度なロボットサービスの実現、普及に貢献します。またさらなる高性能化を目指し、産業用・家庭用ロボットのアクチュエータとしても幅広く普及、展開を目指します。

本成果は、以下の事業・研究プロジェクトによって得られました。

- 内閣府 革新的研究開発推進プログラム（I mPACT）

<http://www.jst.go.jp/impact/>

プログラム・マネージャー：田所 諭

研究開発プログラム：タフ・ロボティクス・チャレンジ

研究開発課題：高出力人工筋肉の開発

研究開発責任者：鈴森 康一

研究期間：平成26年度～平成30年度

本研究開発課題では、タフ・ロボットを実現するために不可欠な要素技術である、高出力高精度な油圧アクチュエータの開発に取り組んでいます。



## ■田所 諭 I mPACT プログラム・マネージャーのコメント ■

I mPACTタフ・ロボティクス・チャレンジは、災害の予防・緊急対応・復旧、人命救助、人道貢献のためのロボットに必要不可欠な、「タフで、へこたれない」さまざまな技術を創りだし、防災における社会的イノベーションとともに、新事業創出による産業的イノベーションを興すことを目的とし、プロジェクト研究開発を推進しています。



災害環境で作業を行うロボットには、軽量で高出力であること、高精度に大きな力を制御できること、十分な耐衝撃性を持つこと、など、屋内や工場などとは異なる「機械的なタフさ」が求められます。その実現のためには、電気モータと減速機を用いる方式では限界があり、油圧アクチュエータは不可欠の要素技術です。本研究は、5MPaの油圧によって駆動することができる新しいマッキベン型の人工筋肉を開発したものであり、軽量でありますから従来の方式と比べて飛躍的に高い力を発生することができます。また、高精度制御で問題となる摺動摩擦を小さく抑えることができ、衝撃にも強いという特徴を有しています。このコンポーネントによって、災害などのきびしい環境下でのロボットの実用化が飛躍的に進むと期待されます。

## <<お問い合わせ先>>

### <技術、研究に関すること>

鈴森 康一 (すずもり こういち)

東京工業大学 工学院 機械系 教授

〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1

Tel: 03-5734-3177

E-mail: suzumori@mes.titech.ac.jp

櫻井 良 (さくらい りょう)

株式会社ブリヂストン イノベーション本部 イノベーションマネジメント部

〒187-8531 東京都小平市小川東町 3-1-1

Tel : 042-342-6186

E-mail : ryo.sakurai@bridgestone.com

### <IMPACTの事業に関すること>

内閣府 革新的研究開発推進プログラム担当室

〒100-8914 東京都千代田区永田町 1-6-1

Tel: 03-6257-1339

### <IMPACTプログラム内容およびPMに関すること>

科学技術振興機構 革新的研究開発推進室

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

Tel: 03-6380-9012 Fax: 03-6380-8263

E-mail: impact@jst.go.jp

### <報道担当>

東京工業大学 広報センター

〒152-8550

Tel: 03-5734-2975 Fax: 03-5734-3661

E-mail: media@jim.titech.ac.jp

株式会社ブリヂストン 広報部広報第2課

〒104-8340 東京都中央区京橋 3-1-1

Tel : 03-6836-3333

E-mail : pr.japan@bridgestone.com

科学技術振興機構 広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町 5 番地 3

Tel: 03-5214-8404 Fax: 03-5214-8432

E-mail: jstkoho@jst.go.jp