T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	油圧人工筋の拮抗駆動によるコンクリートブロックはつり
Title	Concrete Chipping by Antagonistic Drive of Hydraulic Articial Muscles
著者	森田隆介, 鈴森康一, 難波江裕之, 遠藤玄, 櫻井良
Author	Ryusuke Morita, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, Ryo Sakurai
掲載誌/書名	ロボティクス・メカトロニクス講演会2017講演論文集, Vol. , No. , pp.
Journal/Book name	Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , pp.
発行日 / Issue date	2017, 5
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

油圧人工筋の拮抗駆動によるコンクリートブロックはつり

Concrete Chipping by Antagonistic Drive of Hydraulic Artificial Muscles

○学　森田隆介 (東工大)　正　鈴森康一 (東工大)　正　難波江裕之 (東工大)
正　遠藤　玄 (東工大)　櫻井　良 (ブリヂストン (株))

Ryusuke MORITA, Tokyo Institute of Technology, morita.r.aa@m.titech.ac.jp
Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology
Hiroyuki NABAE, Tokyo Institute of Technology
Gen ENDO, Tokyo Institute of Technology
Ryo SAKURAI, BRIDGESTONE Corporation

We have developed hydraulic McKibben artificial muscles as hydraulic actuators for robots. The artificial muscle is so flexible and light in weight and generates very high force by oil hydraulic pressure. In our previous research, we have confirmed static and dynamic characteristics of this actuator. In this paper, we apply the hydraulic McKibben artificial muscles to antagonistic drive system and experimental velify the shock resistance by concrete chipping.

***Key Words*:** Hydraulic artificail muscle, Antagonistic drive, Concrete chipping

1　緒言

災害現場などの極限環境では，力を必要とする作業が求められることや二次災害防止といった点からロボット利用が期待されている．このような現場で用いられるロボットへの要求として“高出力・タフさ”がある．これを実現するアクチュエータとして，油圧駆動が注目を集めており，BostonDynamics の BigDog[1] や，IIT の HyQ[2]，立命館大学の RL-W1[3] は，アクチュエータとして主に油圧シリンダを採用し，不整地歩行などの災害対応に必要なタスクを達成している．一方で，油圧アクチュエータの代表例である油圧シリンダーは，発生力が大きい反面，重厚かつ堅牢な構造をしている．従って，これらを用いたロボットはコンプライアンス性を制御により実現しており，本質的安全性やロバスト性に課題が残る．

そこで，筆者らはロボット用の油圧アクチュエータとして，マッキベン型人工筋の作動流体を空気から油にした油圧駆動高出力マッキベン型人工筋 (以下，油圧人工筋あるいは Hydraulic Artificial Muscle, HAM) を開発した [4]．油圧人工筋は，シリンダーと比較して軽量かつ柔軟な素材で構成されており，油圧駆動による高いパワーを持ちながら，人工筋の特有のコンプライアンス性を有している．また，高い耐衝撃性や，シリンダーと比較して軽量であることから，軽くて強いロボットを実現できる，摺動部が無いため油漏れしないといった利点もある．同様の原理で動作するアクチュエータとして，横田らの FHA[5] があるが，2 MPa という油圧機器としては比較的低圧での動作に限られている．本研究では，定格圧力 5 MPa の油圧人工筋で拮抗駆動系を構築し，アーム先端にエアハンマを取り付けることでコンクリートブロックはつり実験を行い，耐衝撃性を実験的に検証したことを報告する．

2　油圧人工筋の概要

図 1 に，油圧人工筋の概観を示す．油圧人工筋は，通常の空圧駆動マッキベン人工筋と同様の構造をしており，外径 13.1 mm，内径 9.5 mm の耐油ゴムチューブと，その外側のアラミド繊維で編み角 25°で編まれたスリーブによって構成される．動作原理も同様で，ゴムチューブ内部に作動流体を流入させその圧力を変化させることで，軸方向に収縮しつつ収縮力を発生させるものである．一定圧力下の収縮力-収縮率グラフは図 2 に示した通りであり，5 MPa 印加時では最大収縮力が約 7 kN，最大収縮率が 31% である．

3　拮抗駆動系の構築

1 対の油圧人工筋を用いて構築した拮抗駆動系を図 3 に示す．2 本の油圧人工筋の片端を固定し，他端に回転自由のアームを取り付け，その回転量をエンコーダで計測するシステムである．マッキベン型人工筋を用いた拮抗駆動系では，人工筋の静特性を線形近似することで，剛性 K[Nm/rad] と回転角 θ[rad] を以下の簡単な式で表すことができる [6]．

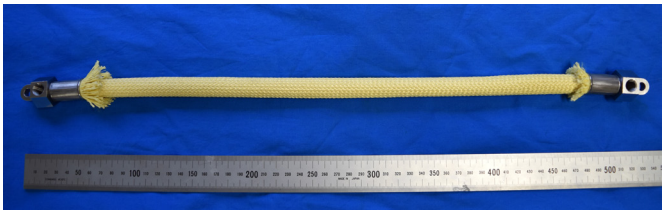

Fig.1 Photo of HAM

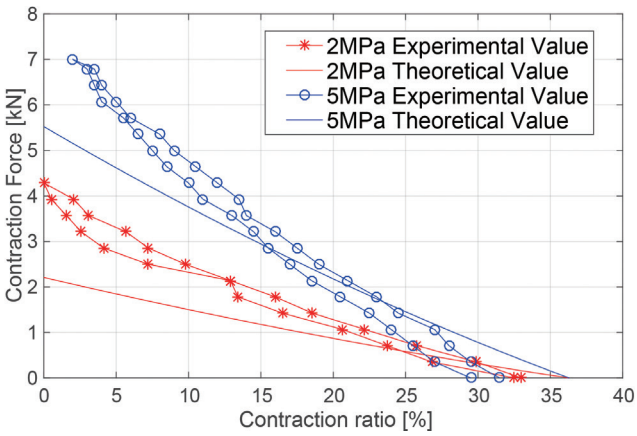

Fig.2 HAM's contraction force - contraction ratio graph(input 2 MPa, 5 MPa)

$$K = 2C_1P_0 \quad (1)$$

$$\theta = C_2\Delta P \quad (2)$$

ただし，P_0：拮抗圧力, ΔP：2 本の人工筋の差圧, C_1, C_2：定数である．この式を基に，図 4 に示すブロック線図で先に示した拮抗駆動の制御系を構築した．すなわち，剛性と目標角，及びアーム回転角の計測量から各油圧人工筋の内圧を比例弁により制御している．

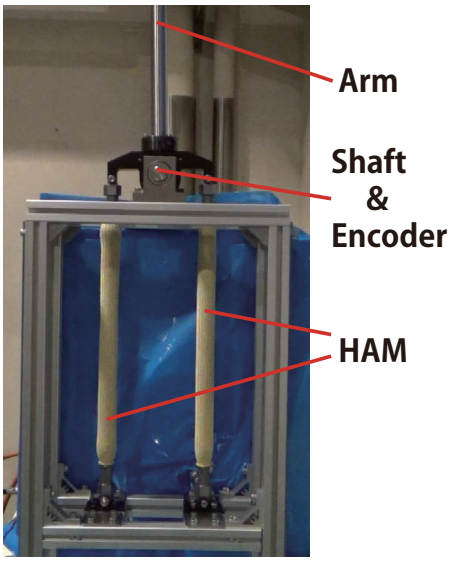

Fig.3 Overview of antagonisyic drive system by HAM

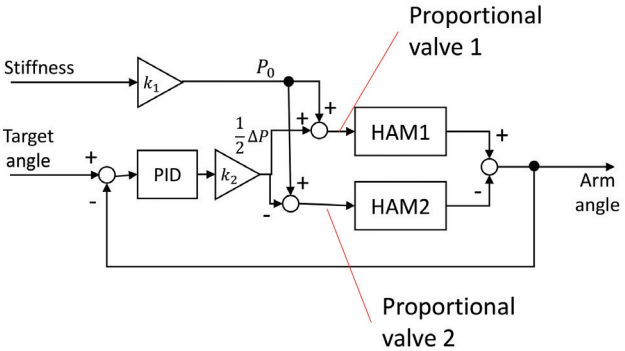

Fig.4 Block diagram of antagonisyic drive control by HAM ($k_1 = 1/(2C_1), k_2 = 1/(2C_2)$)

4　コンクリートはつり実験

前節で示した拮抗駆動のアーム先端にエアハンマ (マキタ製 AH40[7]) を固定し，ハンマが当たる位置にコンクリートブロックが置かれた実験システムを図 5 のように構築した．はつり作業自体はエアハンマが行い，油圧人工筋による拮抗駆動系はエアハンマの位置決め及び押し付け力の調整をしている．

図 6 にこのはつり実験の様子を示した．約 9 秒間の押し付けでコンクリートブロックの一部の破砕に成功し，その後も拮抗駆動系が正常に動作していることが確認できる．

5　結言

本報告では，1 対の油圧人工筋を用いて拮抗駆動系を構築し，アーム先端に取り付けたエアハンマの押し付けによるコンクリートブロックのはつり実験を行った．これにより，実験的に油圧人工筋を用いた関節の耐衝撃性を示した．

今後は，油圧人工筋の耐衝撃性について，加速度を測定することで定量的な検討を行い，これを十分に活かせる機構への応用を進めていく．

6　謝辞

本研究の一部は, 総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された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」により, 科学技術振興機構を通して委託されたものです.

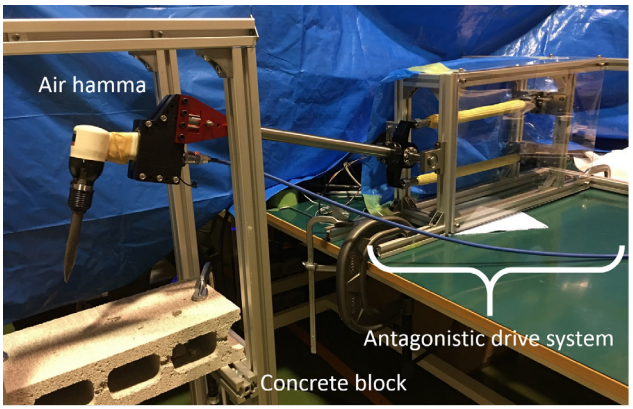

Fig.5 Experimental system of concrete chipping

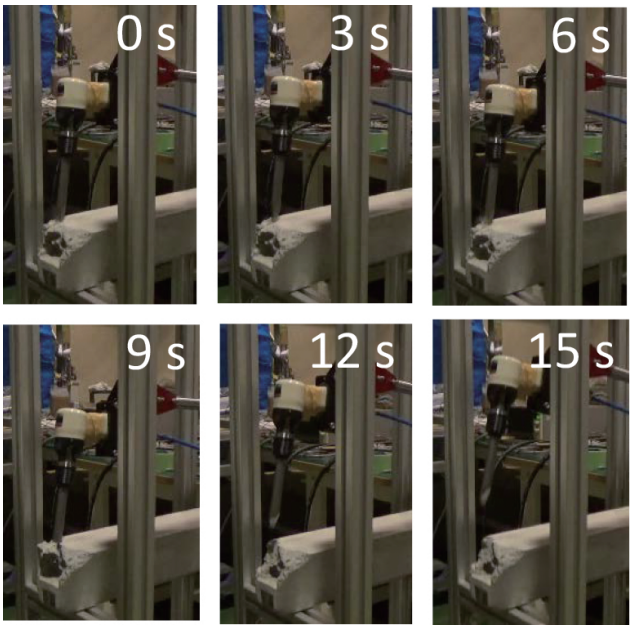

Fig.6 Concrete chipping

参考文献

[1] Marc Raibert, Kevin Blankespoor, Gabriel Nelson, Rob Playter, and Team Bigdog. “Bigdog, the rough-terrain quadruped robot”. In *Proceedings of the 17th world congress*, Vol. 17, pp. 10822–10825. Proceedings Seoul, Korea, 2008.

[2] Claudio Semini, Nikos G Tsagarakis, Emanuele Guglielmino, Michele Focchi, Ferdinando Cannella, and Darwin G Caldwell. “Design of HyQ–a hydraulically and electrically actuated quadruped robot”. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, Vol. 225, No. 6, pp. 831–849, 2011.

[3] 黒瀬裕一郎, 安井雄哉, 廣澤望, 玄相昊. “油圧パワーユニット搭載型脚車輪ロボット RL-W1 の開発”. 第 34 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集.

[4] 森田隆介, 難波江裕之, 鈴森康一, 遠藤玄, 山本明菜, 櫻井良. “油圧駆動高出力マッキベン型人工筋の開発”. 第 34 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, pp. 3C3–01, 2016.

[5] 横田眞一, 小松健浩. “宇宙環境マニピュレータ用フレキシブル・ハイドロウリック・アクチュエータ (FHA)”. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 57, No. 542, pp. 3222–3227, 1991.

[6] Bertrand Tondu and Pierre Lopez. “modeling and control of McKibben artificial muscle robot actuators”. *IEEE control systems*, Vol. 20, No. 2, pp. 15–38, 2000.

[7] 株式会社マキタ. “http://www.makita.co.jp/”, 2017/2/10 閲覧.