

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	油圧人工筋を用いたタフロボット用3自由度手首関節の提案
Title	3 DoF Wrist Mechanism for Tough Robots by Hydraulic Artificial 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.

油圧人工筋を用いたタフロボット用3自由度手首関節の提案

3 DoF Wrist Mechanism for Tough Robots by 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

Hydraulic artificial muscles are so flexible and light in weight for robots and generate very high force by oil hydraulic pressure. In addition, these muscles can be placed and twisted freely. In this paper, we propose 3 DoF wrist mechanism that is compact, flexible and light in weight by hydraulic artificial muscles.

Key Words: Hydraulic artificial muscle, Wrist mechanism, Tough robot

1 緒言

ロボット用の様々な手首関節機構が研究、実用化されている。産業用ロボットで用いられる3自由度手首機構としては、文献[1]で示されている同軸手首などがある。これらは、作業の障害にならないよう、あるいはアーム根本からの慣性モーメントを極力減らすよう、出来る限りアームの根本の近くにモータを配置し、ベベルギアを初めとする減速機によって減速や回転方向の変換をしている。また、移動ロボットの作業用マニピュレータ先端に用いられる手首機構としてはパラレルリンクを利用した物が多く、例えば2DSP機構[2]がある。この機構は、ユニバーサルジョイントによって支持されたエンドエフェクタを左右のリンクを使って駆動するものであり、高い出力モーメントと大きな可動範囲を実現可能としている。

以上に挙げた手首機構は動力源としてモータを使用しており、ほぼ全ての場合において同時に減速機という非常に衝撃に弱い機構を用いる。従って、災害現場などの極限環境での使用を想定した、大出力と耐衝撃性が求められるロボットには不適である。このようなロボットには油圧アクチュエータが主に用いられており、BostonDynamicsのBigDog[3]や、IITのHyQ[4]、立命館大学のRL-W1[5]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、油圧シリンダではシリンダの動作範囲や配置の不自由さから、コンパクトで多自由度の手首機構を実現することが難しい。

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[6]。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出力を持ちながら、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。この油圧人工筋の軽量さと柔軟性を利用し、作業用ロボットのアーム先端に取り付けることを想定した、コンパクトで軽量かつ大出力が実現可能な3自由度の手首関節機構を提案、試作したことを報告する。

2 3自由度手首関節の概要

2.1 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13.1mm、内径9.5mm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。力学的特性としては、5MPa印加時では最大収縮力が約7kN、最大収縮率が31%である。



Fig.1 Photo of HAM

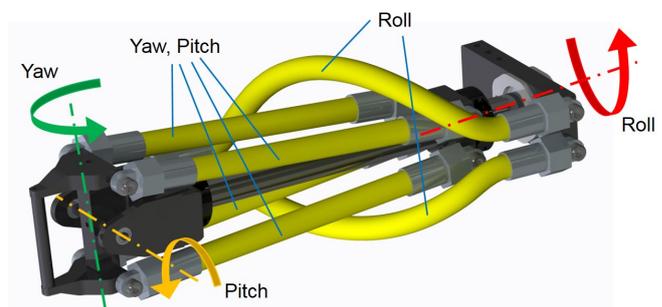


Fig.2 3DCAD model of 3 DoF wrist mechanism

2.2 3自由度手首関節の構造

今回提案する3自由度手首関節の3DCADを図2に示す。図中のPitch軸とYaw軸がユニバーサルジョイントとなっており、4本の油圧人工筋を用いて2自由度の動作が可能である。更に、その構造自体を回転させるRoll軸が2本の油圧人工筋により動作する。このRoll軸は、いわゆる手首の捻れ回転であり、油圧人工筋の柔軟性を利用して構造自体に巻き付かせるような配置により、動作が実現している。

3 動作実験

提案した3自由度手首関節を試作し、動作実験を行った。今回は6本全ての油圧人工筋を使用する動作には0.5MPaの空気圧を用い、本機構の最大の特徴であるRoll軸のみの動作実験として1MPaの油圧を用いた。前者の動作の様子を図3に、後者の様子を図4に、またこれらの実験から得られた可動域を表1に示す。油圧人工筋のポート部分や、人工筋そのものの膨張による干渉から、可動域が小さくなってしまったものの、滑らかな3軸動作が実現できている。

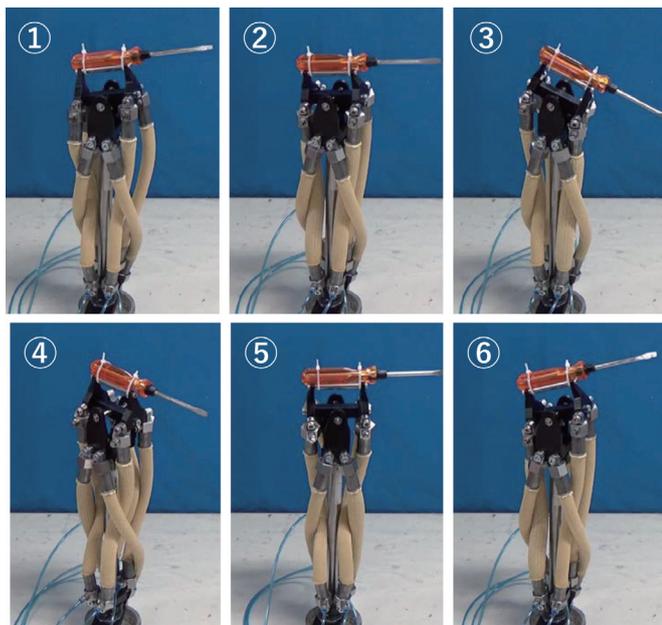


Fig.3 3 DoF movement of the wrist mechanism by 0.5 MPa air pressure

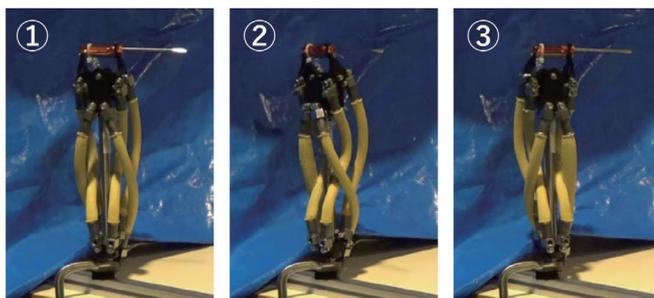


Fig.4 Roll movement of the wrist mechanism by 1 MPa hydraulic pressure

Table 1 Range of motion of the wrist mechanism. The Directions are as shown in the Fig.2

Direction	Range of motion [deg]
Roll	-25 - 30
Pitch	-30 - 30
Yaw	-10 - 20

4 結言

本報告では、3対の油圧人工筋を用いて3自由度の手首関節を製作し、0.5 MPaの空気圧による3軸動作及び1 MPaの油圧によるロール軸回転の確認を行った。これにより、油圧人工筋の柔軟性を活かしたコンパクトで強力かつ耐衝撃性のある3自由度手首関節の実現可能性を示した。

今後は、この機構の可動域の向上、および耐衝撃性の定量的評価を行う。

5 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。

参考文献

- [1] 鳥居信利. “産業用ロボットの手首機構と特長”. 日本ロボット学会誌, Vol. 5, No. 4, pp. 317–322, 1987.
- [2] Koji Ueda, Hiroya Yamada, Hiroaki Ishida, and Shigeo Hirose. “Design of large motion range and heavy duty 2-DOF spherical parallel wrist mechanism”. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 25, No. 2, pp. 294–305, 2013.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.