

報告日：2024 年 7 月 31 日

報告者： 東京工業大学 大学院

助教

難波江 裕之

1. 研究概要

(和文)

(1) 課題名

タフロボット用超小型油圧シリンダの開発

(2) 研究者氏名、職名

難波江 裕之，東京工業大学 大学院 助教

(3) 研究概要

油圧アクチュエータは，出力の高さ，衝撃や振動に対する耐久性，悪天候の野外における信頼性といった点でロボット用アクチュエータとして有用な特性を有している．しかしながら，ロボットへの適用の際に，重要なサイズや重量において課題を有する．本研究では，小型ロボット機構への適用を目指した超小型油圧シリンダの開発を行う．試作機の製作を通して，小型化による影響を検証し，小型油圧アクチュエータの技術基盤の礎となることを目指す．

(4) キーワード

アクチュエータ，油圧，小型化，油圧シリンダ

(英文)

(1) Research title

Development of Micro Hydraulic Cylinder for Tough Robots

(2) Name of researcher with title of position

Hiroyuki Nabae, Assistant Professor Tokyo Institute of Technology

(3) Summary

Hydraulic actuators possess advantageous characteristics suitable for robotic actuators, such as high output, durability against shock and vibration, and reliability in adverse outdoor conditions. However, challenges exist particularly in size and weight when applied to robots. This study aims to develop a super small hydraulic cylinder for small robotic mechanisms. Through the fabrication of a prototype, the research seeks to assess the

effects of miniaturization, compile insights into downsizing hydraulic cylinder actuators, and lay the foundation for optimal design.

(4) Key Words

Actuator, Hydraulics, Miniaturization, Cylinder

2. 本研究の意義、特色

現在、ロボットの駆動には電磁アクチュエータが主に使用されており、数多くのグループにより研究・開発が行われている。しかし、電磁アクチュエータは、減速機を組み合わせ使用されることが多いため、十分な耐衝撃性を実現することが難しい。このような課題に対して、準ダイレクトドライブや SEA (Series Elastic Actuator) 等、様々な手法の研究・開発が行われている。一方、このような電磁アクチュエータの課題に対して、油圧アクチュエータは、出力や衝撃・振動に対する耐久性が高いといった利点を有しており、油圧アクチュエータを用いたロボットシステム多く実現されている。しかしながら、多自由度かつ高度な制御を必要とするようなロボットシステムへ用いる場合には、既存の油圧アクチュエータは、重量の高さやサイズの大きさ、配管の必要性、大きな摺動摩擦といった点が問題となる。申請者等の研究グループでは、上記の油圧アクチュエータのロボット適用を行う際の問題点に対して、軽量かつ高出力な油圧アクチュエータの研究開発を進め、開発したアクチュエータのロボットへの適用にも取り組んできている。開発したアクチュエータは、比較的大型のロボットシステムへの適用は可能であるが、ロボットハンド等の小型のロボットシステムへの適用においては、依然として大きさに課題があった。本研究では、小型のロボットシステムでの使用が可能な超小型油圧アクチュエータの実現目的としている。これにより、小型油圧アクチュエータの技術基盤の礎となることを目指す。

3. 実施した研究の具体的内容、結果

内径 6 mm の細径油圧シリンダを試作した。本試作機の外径は 8 mm、ロッド径は 4 mm である。定格圧力 21 MPa での駆動時の推力の設計値は、押し側で約 600 N、引き側で約 330 N である。本試作機の制作には主にステンレススチール (SUS304) を用いており、継手部を除いた質量は 0.11 kg である。また、ストロークは 50 mm である。性能評価のために、本試作機を用いた駆動実験を行った。実験に際して、試作機をリニアスライダと接続し、リニアスライダ上におもりを設置できるようにした駆動実験用のセットアップを構築した。本セットアップでは、スライダ上に設置するおもりにより、質量負荷を与えることが可能となっている。また、リニアセンサを試作機に並列に取り付けることにより、変位データを取得可能となっている。シリンダへの印加圧力は駆動用基板及びサーボバルブ (PSC 社製 HS210-006, 7 MPa の際の定格流量 7 L/min) を用いて制御され、サーボバルブへの供給圧力は 15 MPa とした。用いた駆動用基板では、リニアセンサで取得した変位情報をもとにした位置のフィードバック制御が可能となっている。デジタル信号処理シス

テム (MicroLabBox, DSpace 社製) を用いて, 駆動用基板への目標指令値の入力及び測定データの取得を行い, サンプル周波数は約 1 kHz とした. 目標波形は振幅 21.5 mm の正弦波とし, 負荷用のおもりの質量は 10 kg として駆動実験を行った.

目標波形の周波数は 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 Hz で駆動実験を実施し, 同様の条件で通常のシリンダ (内径 ϕ 30, ロッド径 ϕ 22, ストローク 75mm) を用いた実験結果と比較して, 高い追従性を確認した. 一例として, 2.0 Hz での駆動時のゲインは -0.18 dB, 位相遅れは 0.79 rad であった. シリンダ質量のおよそ 100 倍の質量負荷に対して, 高い追従性能を示していることが確認できた.

4. 本研究を実施したグループに属する主な研究者の氏名、職名

難波江 裕之, 東京工業大学 工学院 助教

鈴森 康一, 東京工業大学 工学院 教授

5. 研究実施時期

2022 年 4 月 1 日から 2024 年 3 月 31 日まで

6. 本研究に関連して発表した主な論文等

難波江裕之, 井手徹, 鈴森康一. 超細径油圧シリンダの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2024.

7. 内外における関連研究の状況

本研究で開発した試作機と同程度の内径を有する油圧・水圧シリンダの開発例はあるものの駆動圧力が低いものが多く, 油圧駆動の利点である高い発生力を十分に発揮できていない.

8. 今後の発展に対する希望

本研究成果をもとにした小型の油圧駆動ロボットシステムの実現への発展が期待される.