

報告日 2010年(平成22年) 8月25日

報告者 中央大学 理工学部 准教授

中村 太郎

1. 研究概要

(和文)

(1) 課題名 (日本語)

空気圧ゴム人工筋と機能性流体を用いた可変粘弾性を有する人間共存型柔軟マニピュレータの開発

(2) 研究者氏名

中村 太郎 中央大学 理工学部 准教授

(3) 研究概要 (日本文)

(4) キーワード

空気圧人工筋肉, MR 流体

(英文)

(1) Research title

Development of a soft manipulator using artificial muscle and smart fluid.

(2) Name of researcher with title of position

Taro Nakamura, Associate Professor, Chuo University

(3) Summary

In recent times, the chances of robot-human contact have increased; hence, safety is necessitated with regard to such contact. Thus, manipulators using a pneumatic rubber artificial muscle, which is lightweight and flexible, are studied. However, this artificial muscle manipulator has faults such as slow response and limited instantaneous power due to operation by air pressure. Because of these faults, uncontrollable vibrations can occur, leading to instability in the arm when an object is held and lifted. In this study, an artificial muscle manipulator with 1 DOF and a variable rheological joint mechanism using MR fluid is developed. Vibration control of the arm using MR fluid is realized when an object is held and lifted, confirming the reduction in vibration due to the rheological effect.

(4) Key Words

Artificial Muscle, MR Fluid

2. 本研究の意義・特色

近年，生活支援を目的としたパートナーロボットやパワーアシスト機器などの医療・介護を目的としたロボットの開発が進められている．これらのロボットは将来，人間の生活環境での活躍を期待されている．そのため，人間とロボットが同じ環境下に置かれ，双方の接触に対し安全性が求められる．

そこで空気圧ゴム人工筋肉アクチュエータを用いたマニピュレータが注目されている．本アクチュエータは，従来の McKibben 型ゴム人工筋肉に比べ収縮率や収縮力が高く，寿命が長いという長所を有している．また人工筋肉は軽量で高出力，かつ柔軟という特徴を有する．そのため，本アクチュエータをマニピュレータに適用することで，人間との接触に対し安全性を確保できると考えた．

しかし，人工筋肉は柔軟性を有するが故に，高負荷に対し挙動が振動的になってしまうという欠点を有する．また，従来の人工筋肉マニピュレータは空気圧によって動作するため応答が遅く，瞬間的な力に限界がある．これらの欠点により，物体保持や持上動作においてアームに制御不能な振動を生じ，安定しにくいという問題点があった．

一方，MR 流体は磁場を与えることにより，高い応答速度（ミリ秒単位）で見かけの粘性を可逆的に変化させる機能性流体である．本流体を人工筋肉マニピュレータの関節部に適用することで可変粘弾性関節を実現し，空気圧では成しえない高周波領域での角度制御を可能にすると考える．

そこで，本研究では MR 流体を用いた可変粘弾性関節を有する 1 自由度人工筋肉マニピュレータを提案し，物体持上動作における MR 流体のアーム振動抑制効果を検討する．

3．実施した研究の具体的内容、結果（本文）

人工筋肉の概要

本研究で使用したゴム人工筋肉の概略図を Fig.1 に示す．本人工筋肉の形状は管状になっており，素材は天然ラテックス液を使用している．また，軸方向にカーボン繊維シートを内包することにより，半径方向へのみ膨張し，収縮力が発生する．この構造によりゴム人工筋肉は軽量で高出力，かつ柔軟という特徴を有する．しかし，本アクチュエータは空気圧により動作するため，応答が遅く，適用できる圧力に限界があるため高い剛性を得られない．

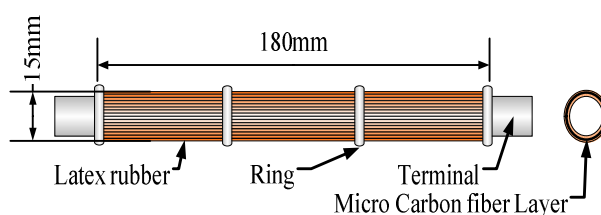


Fig.1 A schematic diagram of artificial muscle

MR ブレーキ装置の概要

本研究では MR ブレーキ装置として LORD 社の MRB-2107-3 を使用する．MRB-2107-3 の概略図を Fig.2 に示す．本装置は MR 流体を内部のディスク部周りに配置し，磁場の変化に伴いディスク部表面の粘性摩擦を変化させる．これにより回転動作に対し連続的にトルクを制御することができる．

この機構により，MR ブレーキ装置は小型で高出力を実現し，かつミリ秒単位の高い応答性を有する．そこで，関節に MR ブレーキ装置を適用した．

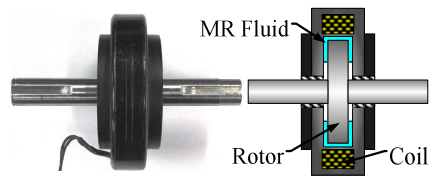


Fig.2 A schematic diagram of MR brake

人工筋肉マニピュレータ

本研究で製作した人工筋肉 1 自由度マニピュレータの全体図を Fig.3 に示す .人工筋肉マニピュレータは ,2 つの人工筋肉が拮抗する形で配置されており ,プーリを介して人工筋肉の収縮力を回転軸に伝達する機構となっている .MR ブレーキ装置は第 1 リンク側に固定されており ,これにより回転軸にブレーキを掛けることが可能となっている .また ,本マニピュレータは関節角度を検出するためのエンコーダと ,リンク先端にかかる負荷検出のためのひずみゲージを搭載されている .

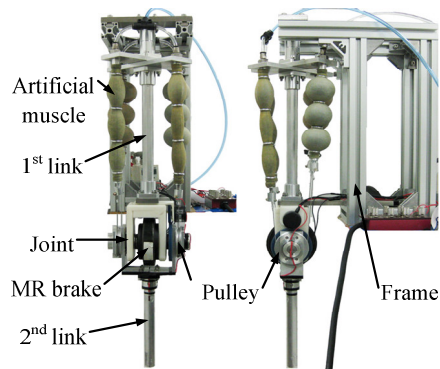


Fig.3 A schematic diagram of the manipulator

制御系の設計

・ 人工筋肉の制御

人工筋肉の制御手法として力学的平衡モデル[1]を適用したフィードフォワード制御[2]と PID 制御を用いたフィードバック制御[2]を本マニピュレータに適用した .

・ MR ブレーキの制御

本研究では物体の持上・保持動作における振動抑制を行う .そこで ,物体持上時と物体保持時での MR ブレーキの制御手法を提案する .

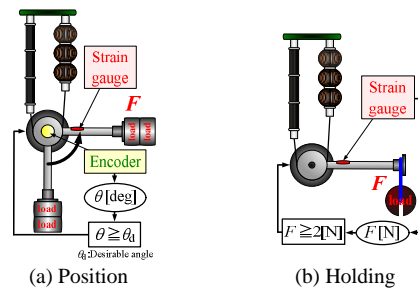


Fig.4 Control method for a experimental systems

Fig.4 に物体持上・保持時の MR ブレーキ制御概略図を示す．物体持上時 (Fig4(a)) は，エンコーダにより角度が検出され、リンクが目標角度に達するとブレーキが印加される制御構成とした．また，物体保持時 (Fig4(b)) では，ひずみゲージによりリンクの先端負荷を検出されると回転軸にブレーキが印加される制御構成とした．

振動抑制実験

設計された制御系をもとに振動抑制実験を行った．物体持上実験ではマニピュレータのリンク先端に 2.0[kg]の重りを取り付け，90[deg]を目標値としたステップ入力によって持上動作の実験を行った．また，物体保持実験ではアームを 90[deg]の位置で維持させ，その状態でリンク先端に 2.55[kg]の重りを乗せた際の振動抑制を行った．

Fig.5 に実験結果を示す．物体持上・保持実験双方の結果から MR ブレーキの効果により負荷時のアームの振動を抑制し，安定性を得られることが確認できた．

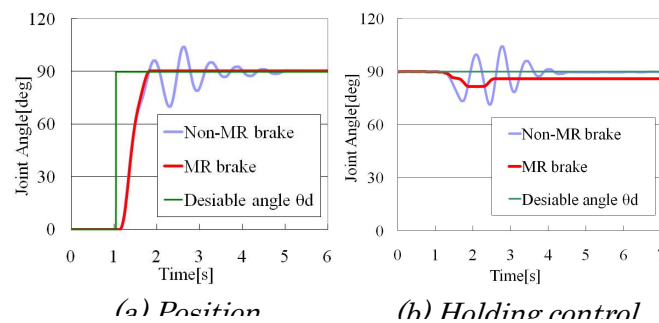


Fig.5 A experimental results of the step

結言

MR ブレーキを関節に適用した人工筋肉 1 自由度マニピュレータを開発した．また，その効果を検証するため，物体持上動作における振動抑制実験を行った．実験結果から，MR ブレーキの高い出力と応答性により空気圧では実現できない領域での振動抑制を確認した．

今後は，人工筋肉と MR ブレーキの統合した制御系を設計し，より安定した物体保持・持上を目指す．また，人工筋肉の高速応答で発生する振動を抑制し，人工筋肉マニピュレータでのより素早い動作の実現を目指す．

4．本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

中村 太郎 中央大学 准教授

5．研究実施時期

2007年（平成19年）4月1日から 2008年（平成20年）3月31日

6．本研究に関連して発表した主な論文等

Y. Midorikawa and T. Nakamura, Variable Rheological Joints Using an Artificial Muscle Soft Actuator and Magneto-Rheological Fluids Brake, ICIRA 2009, pp.504-514, (2009)

MR ブレーキを用いた可変粘弾性を有する関節の検討, 緑川雄一郎、中村太郎、戸森央貴、計測自動制御学会システムインテグレーション部門大会 2009, 2009.12

MR ブレーキを用いた人工筋肉マニピュレータの開発 緑川雄一郎 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集(CD-ROM) Vol.2009, PageROMBUNNO.2A2-F18 (2009.05.24)

緑川雄一郎, 中村太郎, MR ブレーキを用いた人工筋肉マニピュレータの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集(CD-ROM) Vol.2009, PageROMBUNNO.2A2-F18 (2009.05.25)

その他 2 報

7．内外における関連研究の状況

いまだ現在まで、機能性流体と人工筋肉を組み合わせたマニピュレータの研究は多く研究されていないが、MR 流体ブレーキ等の改良が進み計量化が図られるなどの進展が見られるため、本マニピュレータの多自由度系への適用等が期待できる。

8．今後の発展に対する希望

今後は、急峻な可変粘弾性関節を有するマニピュレータとして、マスタースレーブシステムやジャンプロボット等への適用を検討している。