

研究の課題名

ロッドレス型柔軟空気圧シリンダの開発とその応用

津山工業高等専門学校 助手
(現 岡山理科大学工学部 講師)

報告者 赤木 徹也

報告日 2005年(平成17年)3月15日

1. 本研究の意義、特色

近い将来、情報ネットワークが我々の生活に果たす役割は大きい。現在のバーチャルリアリティシステムでは映像や音声等の視覚・聴覚の情報フィードバックの技術は進んでいるが、触覚などカフィードバックは十分とは言えない。そこで本研究では、人体に実装してカフィードバックやパワーアシストを行うのに十分な安全性を保ち、軽量で柔軟なアクチュエータの開発を目的とする。本助成報告では、柔軟チューブを用い、プッシュプル動作可能なロッドレス型柔軟空気圧シリンダを開発し、その応用例としてロボットアームのロータリーアクチュエータへ適用した。その結果、試作シリンダは印加時より無加圧時に摩擦が大きくなり、位置に対して「自己保持機能」を有するなど、従来の空気圧シリンダにはない特異な特徴を有することが確認された。

2. 実施した研究の具体的内容、結果

近い将来、情報ネットワークが我々の生活に果たす役割は大きくなる。現在のバーチャルリアリティシステムでは映像や音声等の視覚・聴覚の情報フィードバックの技術は進んでいるが、触覚などカフィードバックは十分とは言えない。そこで本研究では、人体に実装してカフィードバックやパワーアシストを行うのに十分な安全性を保ち、軽量で柔軟なアクチュエータの開発を目的とする。本研究では、以前より柔軟チューブを用いた柔軟空気圧シリンダを提案・試作し、シリンダ湾曲状態における発生力特性などを調べてきた。本研究助成の報告ではプッシュプル動作可能なロッドレス型柔軟空気圧シリンダの改良と、その応用例として4リンクのマスタースレープロボットアームのロータリーアクチュエータに適用した例について報告する。

Fig.1(a)、(b)にそれぞれ『ダブルタイプ』と『シングルタイプ』の2種類のロッドレス型柔軟空気圧シリンダの構造を示す。ダブルタイプのシリンダの構造は柔軟チューブ((株)SMC TUS1208)と、直径9mmの2個の鋼球、チューブ外側より直径4mmの真鍮製ローラにより締付けを行ったジュラルミニプレート(ステージ)から構成される。また、チューブと内部の鋼球の間には、潤滑のためシリコングリスを塗布している。動作原理は片側の圧力室を加圧すると、内部の鋼球($\phi 9\text{mm}$)が押され、チューブの変形とともに外部の鋼球に力が伝わり、ステージが動く。こ

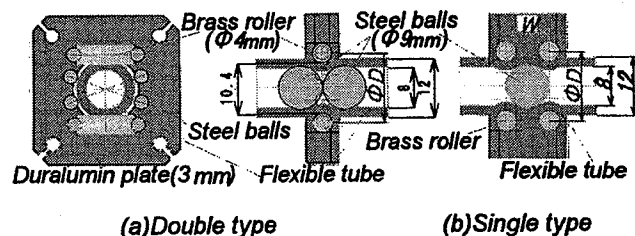


Fig. 1 Rodless type flexible pneumatic cylinder

ここで、シリンダ内のシールは、チューブ自身がパッキンの役割を果たすことで行う。また、内部の2個の鋼球には締結部が無く、シリンダチューブが湾曲しても直線動作と同様にステージに動力を、伝えることが出来る。またFig.1(b)に示すシングルタイプは外側よりチューブを窪ませているローラを2対用い、シリンダヘッドである1つの鋼球を両側から挟んでいる。ダブルタイプに比べ、内部の鋼球とシリンダとの摺動面積が減ることで摩擦が低減できると考えられる。動作原理はダブルタイプと同じである。

Fig.2にステージを外力により移動させた場合の移動速度と引張り力すなわち動摩擦力の関係を示す。図中の記号●、▲はそれぞれシリンダ両圧力室を大気開放にした場合と500kPaで加圧した場合を示す。無入力時においてダブルタイプはシングルタイプに比べ1.4倍程度摩擦が大きいたことが分かる。また、印加圧力に伴ってダブルタイプでは摩擦力が下がり、シングルタイプでは上がっている。これはダブルタイプの場合、印加圧力によりチューブが膨張し鋼球とチューブ内壁との接触(摺動)面積が減ったためであり、シングルタイプではチューブの膨張により2対のローラとチューブ間の接触面積が少し増えたためである。以上のことから、ダブルタイプでは無入力時においてチューブが鋼球を保持するという興味深い性質を示し、ステージ位置に対して『自己保持機能』を有することが分かる。

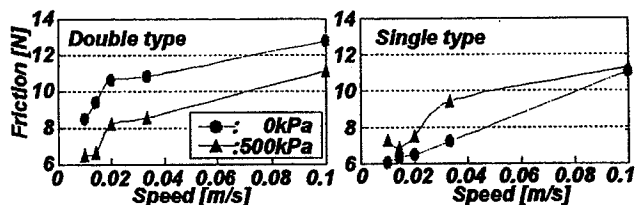


Fig. 2 Frictional force of the cylinder

試作シリンダの応用例として、柔軟なロータリーアクチュエータを構成した例をFig.3に示す。

試作アクチュエータは前述の自己保持機能を有するダブルタイプのシリンダ2本で構成され、各々のシリンダ両端は、それぞれ独立した2つの入力口を持つコネクタに接続され、ステージとコネクタ部分は、回転関節を有する2つのリンクに固定されている。このように試作アクチュエータは単純なリンク機構に取り付けるだけで回転駆動系が構成でき、アクチュエータ自身の柔軟性から関節回転軸とアクチュエータ回転軸を厳密に一致させなくても駆動できるという特徴を有する。また、アクチュエータの質量は約100gと非常に軽く、さらに可動範囲も300deg.程度あり軽量で広い可動範囲を有する駆動システムが実現できた。

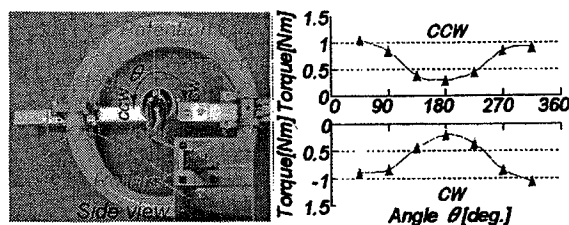


Fig. 3 Tested flexible pneumatic rotary actuator

Fig.4に試作した4リンクのマスタースレーブアームを示す。スレーブアームはFig.3のロータリーアクチュエータを3組用い、各々の関節を駆動するOn/off弁をそれぞれ2個ずつリンク上

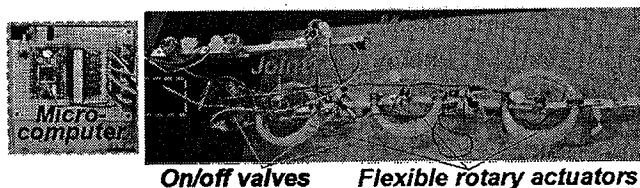


Fig. 4 4-link master slave robot arm

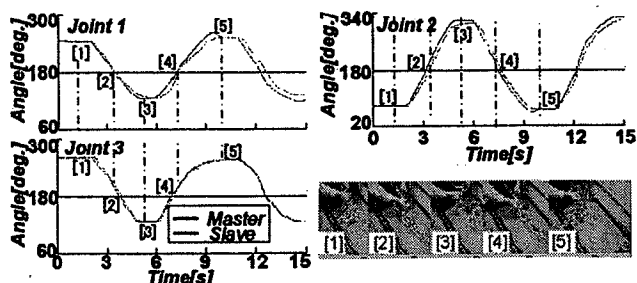


Fig. 5 Experimental results of tested robot arm

に配置している。またアーム先端部には空気圧駆動式ハンドを取り付けている。試作アームの全長は0.78m、弁など駆動制御機器を含めたアーム全重量は0.86kgと非常に軽量である。また、制御器としてマイコンを用い、弁の遅れによる振動を抑制するため、偏差と偏差速度を基に約1.9ms先の偏差を予見したOn/off制御を行った。その結果をFig.5に示す。3つのグラフは図右下に示すような屈伸動作を行った場合のアーム各関節角と目標角度の時間変化を示す。慣性の影響からJoint1やJoint2での追従誤差が多少みられるものの、On/off的な操作入力に対しても目標値によく追従しており、試作アクチュエータは位置に対する自己保持機能を有するなど位置制御系への応用が期待できる。

3. 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

堂田周治郎 岡山理科大学工学部 教授

4. 研究実施時期

平成15年11月30日から17年3月31日まで

5. 本研究に関連して発表した主な論文等

- (1) Tetsuya AKAGI and Shujiro DOHTA "Development of Rodless Type Flexible Pneumatic Cylinder and its Application" Proceedings of 9th International Conference on New Actuator (2004.6), P099. pdf,1-4, Bremen (Germany) ※
- (2) Tetsuya AKAGI and Shujiro DOHTA "Development of Flexible Pneumatic Rotary Actuator Using Flexible Pneumatic Cylinder" Proceedings of 2004 Japan-USA Symposium on Flexible Automation (2004.7) JS 012. pdf, 1-4, Denver (U.S.A) ※
- (3) Tetsuya AKAGI and Shujiro DOHTA "Development of Small Sized Multi-port Pressure Control Valve for Wearable Actuator" Proceedings of 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (2004.9), 649-654, Kurashiki (Japan) ※
- (4) Tetsuya AKAGI and Shujiro DOHTA "Development of Wearable Pneumatic Actuator and Multi-port Pressure Control Valve" Proceedings of The 4th International Conference on Advanced Mechatronics (2004.10), 474-479, Asahikawa (Japan) ※

6. 内外における関連研究の状況

柔軟アクチュエータに関する研究では、ゴム人工筋肉であるマッキンベン形アクチュエータを用いたものが多く、本研究で提案する柔軟チューブを用いた柔軟アクチュエータ（空気圧シリンダ）の研究例は少ない。特に本研究で開発したアクチュエータは、柔軟な特性を有しながらプッシュプル動作が可能である。さらに、従来の空気圧シリンダでは実現が難しかった位置に対しての『自己保持機能』を有するなど、多くの利点を有している。

7. 今後の発展に対する希望

今後の発展として、本研究で開発したロッドレス型柔軟空気圧シリンダの『ロングストローク動作が可能』といった特徴と、マッキンベン形柔軟アクチュエータの『発生力が大きい』

といった特徴を組み合わせた新しい柔軟アクチュエータ（ロングストローク・マッキベン形アクチュエータ）について検討する予定である。