

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所 諭

プロジェクト名： ロボットコンポーネント

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

圧電振動子駆動型小型制御バルブの開発

研究開発機関名：

岡山大学

研究開発責任者

神田 岳文

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

平成 28 年度は、前年度の成果に基づき圧電振動子駆動微粒子励振型小型制御バルブの改良を進めるとともに、この原理に基づいたアクチュエータ制御用小型三方弁の試作・評価を行うこと目標とした。小型制御バルブについてはより高い粘性の作動流体を用いた状態での使用を目的とした改良を進めた。このバルブを二つ用いた形でシリンダ、人工筋アクチュエータを駆動する流量制御が可能であることを示し、さらにロボットアーム等に使用されるアクチュエータに搭載可能な形の一体となった小型三方弁を試作・評価して、アクチュエータの制御実験を行うことを計画した。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

1. 圧電振動子駆動バルブの改良・評価

前年度の試作では、制御可能な油の粘性には制約があること、また固い配管に接続した状態では振動が減衰し性能が低下することなどから、さらにバルブ構造の改良が必要であった。引き続き、主として有限要素法を用いた振動解析、構造解析によってバルブ構造、特にオリフィス板の動作に関する検討を行うことにより改良を行った。この制御弁はオリフィス板の振動により微粒子（ステンレス球）に加速度を与えて開閉、さらに流量を制御するものであるが、Fig.1 に示すモーダル解析の結果の通り、改良後のモデルではオリフィス板とアクチュエータ部を除いた部分の振動は抑制されている。制御弁は前年度とほぼ同じ直径 10mm、高さ 9.0mm の大きさであり、質量 4.6g と小型軽量である。この構造の制御弁を試作し、油・水流量の制御による評価を行った。

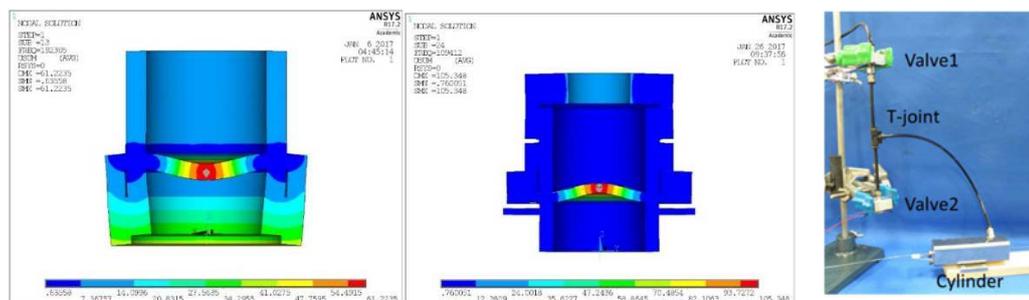


Fig.1 制御弁に関する振動モードのシミュレーション結果の比較（左：前年度試作の構造、中：改良後）およびシリンダ制御実験の様子

2. アクチュエータ制御用小型三方弁の開発

1.の構造に基づいて、アクチュエータへの搭載を目的とした小型三方弁の設計、試作、評価を行った。基本的には 2 つの制御弁を組み合わせた形であるが、それぞれの固有振動数が一致しないように大きさを変更することによって、駆動周波数により流入側、排出側を個別に制御できるようにした。Fig.2 に三方弁に関するモーダル解析の結果を示す。上下の制御弁の大きさを変更しているため、オリフィス板が励振される駆動周波数が異なっている。この構造の制御弁を試作し、三方弁としての機能を検証した。Fig.3 に試作した三方弁を示す。最大径 15mm、長さ長さ 35mm、質量 27g と小型軽量で

あり、また各駆動周波数も 100kHz 以上である。

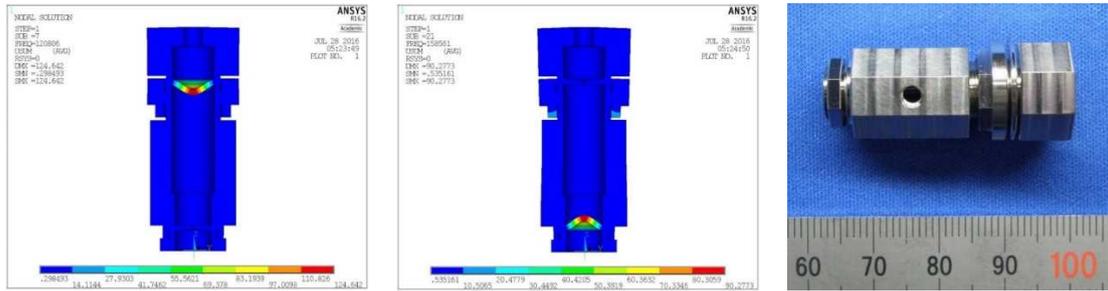


Fig.2 三方弁に関する振動モードのシミュレーション結果（左：駆動周波数 121kHz、中：駆動周波数 159kHz）と試作例（右）

3. 小型軽量高出力アクチュエータへの搭載とロボット適用

1. 2. により機能を検証した圧電振動子駆動制御弁、および三方弁を、「タフ油圧アクチュエータ」において開発されている小型軽量高出力アクチュエータへ搭載することを最終的な目標としている。平成 28 年度はこれらの制御弁を用いたシリンダ、マッキベン型人工筋（小型軽量および高出力人工筋）の駆動実験を行った。なお、2. の三方弁の設計にあたっては、高出力マッキベン型人工筋への搭載を前提とした設計を行っている。Fig.3 に実験の様子を示す。バルブ自体を人工筋の端末として用いた例と、「タフ油圧アクチュエータ」として試作されている高出力型マッキベン型人工筋へ搭載した例を示している。

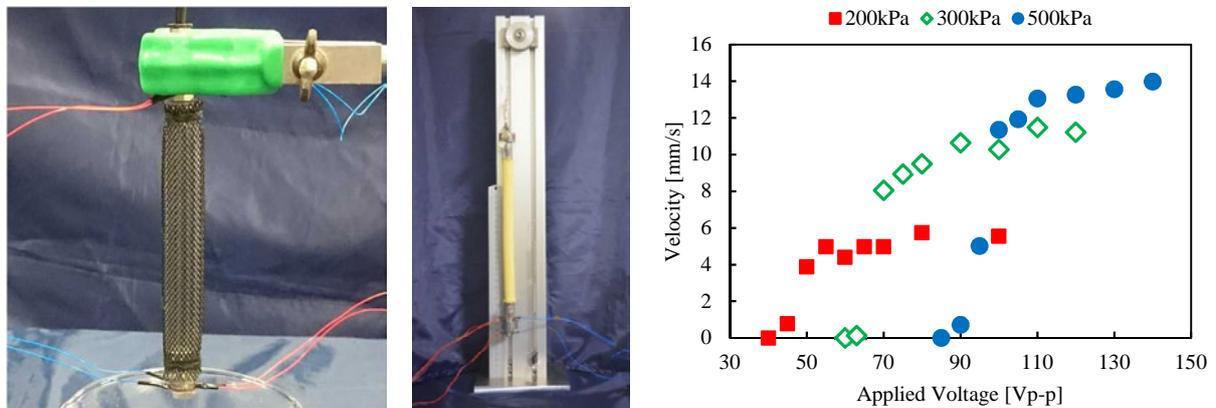


Fig.3 制御バルブによる人工筋駆動の様子（左：両端に制御弁を配置、中：高出力人工筋に三方弁を搭載）と流量による人工筋の速度制御結果（右）

2-2 成果

1. 圧電振動子駆動バルブの評価

直径 10mm の微粒子励振型流量制御弁の改良を行い、水・油の流量制御実験を行った。改良により流体アクチュエータ接続を前提とした配管が可能となり、振動による駆動効率も改善した。前年度使用したシリコンオイル (1cSt) より高粘度 (4cSt) の油の流量制御には成功したが、10cSt 以上の動粘度では動作が不安定であった。

2. アクチュエータ制御用小型三方弁の開発

上記バルブに基づく構造をもつ駆動周波数 100kHz 以上、直径 15mm の小型三方弁の試作・評価を行った。固有振動数をずらした 2 つの制御弁を組み合わせた構造のバルブを試作し、この構造により駆動周波数をずらすことによって三方弁としての機能を果たすことが示された。

3. 小型軽量高出力アクチュエータへの搭載とロボット適用

ワイヤ駆動型油圧シリンダおよびマッキベン型人工筋を上記のバルブを用いて制御可能であることを示した。特に、「タフ油圧アクチュエータ」として試作されている高出力型マッキベン型人工筋へ三方弁を搭載した状態で、このアクチュエータを駆動可能であることに成功した。同アクチュエータをロボットアームなどに適用して多自由度の動きを実現する場合には各油圧コンポーネントの小型化が必要であるが、特に必要とされる制御弁の小型化が可能であることを示している。

2-3 新たな課題など

性能は改善されたものの引き続き粘性に高い流体に対応するための改良は必要となっている。微粒子を使用した方法では粘性への対応に限界があるため、平成 29 年度は圧電振動子を駆動源としてスプール両端の差圧を制御する方式で高粘性流体へ対応することに取り組んでいる。また、三方弁の構造から、駆動周波数をずらすことにより 1 つの圧電振動子で 2 つのバルブを駆動することが可能と想定される。これにより同じ寸法の三方弁でも相対的に圧電振動子部を大きくとることが出来るため、高出力化に寄与することが出来ると考えられる。今後は高出力化への対応と並行して、バルブ内蔵型ハイパワー人工筋を構成するために人工筋の端末内に配置可能な駆動周波数 100kHz 以上の小型三方弁を開発し（平成 29 年度中）、さらにこれを利用した軽作業用エンドエフェクタ（建設ロボ／脚ロボ搭載に対応）の試作（平成 29 年度後半から平成 30 年度前半）を進める。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。