

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：

タフ油圧ロボットの制御システム開発

研究開発機関名：

立命館大学

研究開発責任者

玄 相 昊

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

油圧ロボットプラットフォームならびに新油圧アクチュエータに適用可能なタフな油圧制御システムを開発する。油圧の特徴を活かした新しい制御回路とアルゴリズムを開発し、演算能力の高いサーボコントローラと動力学シミュレータに統合することにより、従来水準を凌駕する精密かつ高応答な位置・速度・力制御を実現することで、油圧機械本来の優れた耐久性に加え、各種自律または遠隔オペレーションの作業性能において従来の電動式を凌駕するタフな油圧ロボットの実現を目指す。油圧サーボアクチュエータは油圧回路とコントローラの性能が、アクチュエータの基本性能である位置・速度・力の精度と応答性を大幅に左右する。そこで、本研究では次の2つの大きな課題を設定した：

【課題1】モデルベース制御による油圧サーボアクチュエータの高性能化

サーボ弁または比例弁を利用した油圧アクチュエータの単独位置制御、速度制御、力制御の性能を向上する。油圧源から配管に至る動力学モデルの状態観測と予測に基づくモデルベース制御アルゴリズムを導出し、それをコントローラ上に実装する。

【課題2】新しい油圧回路による油圧アクチュエータの高機能化

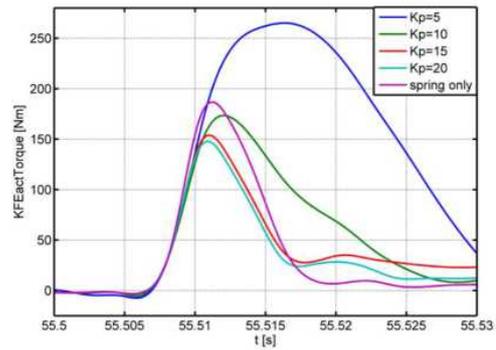
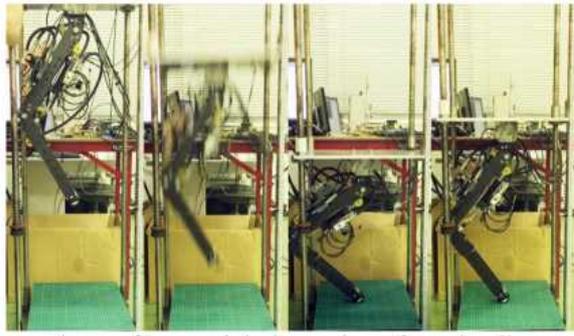
サーボ弁方式に代わる新しい油圧制御回路を考案し、作動油の汚染や温度変化に強く、なおかつサーボ弁に匹敵する制御性能を持つタフな油圧ロボットアクチュエータを実現する。

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

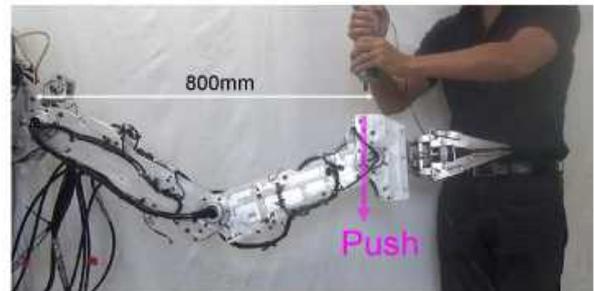
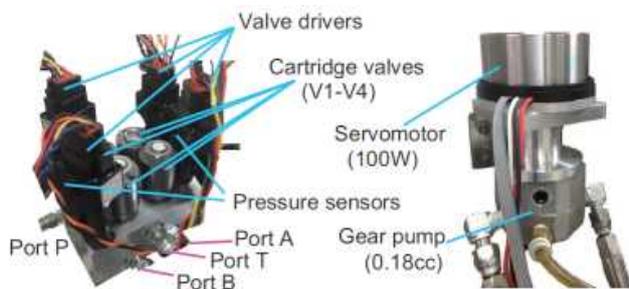
上で述べた研究課題に対して、前年度までに得られた成果は次のとおりである。

課題1： 32ビットマイコン採用の多機能サーボコントローラを開発し、油圧シリンダーの駆動実験による性能評価実験を行った。各種状態量のモニターと各種バルブの操作、高い演算能力を確認できた（RSJ2016発表済）。特に、壊れやすい力センサーを用いずに圧力から外力を推定することによって同等の力制御性能を実現した。また、高速な演算能力を活かし、サーボ弁駆動の試験脚において高所からの着地衝撃吸収制御を実現した（JFPS2017で発表予定）。カルマンフィルタを利用したセンサーレスの動的状態推定は現在マイコンに実装中である。また、油圧人工筋との並列駆動を提案し、試験的な1脚モデルを用いて着地時の衝撃によるサージ圧を抑えることに成功した（ROBOMECH2017発表）。



(左) 圧力センサー利用による 50 cmからの落下実験 (右) 衝撃トルクと制御パラメータの関係

課題 2 : 油圧ハイブリッドサーボブースター (H2SB) の実現回路を検討し、ユニットを設計製作した (現在 2 号機)。各種油圧ロボットで多用される片ロッドシリンダー及び両ロッドシリンダーのテストベンチを構築し、位置、速度、力制御実験を行った (RSJ2016 で発表済)。企業と共同で小型サーボポンプを開発した。簡易的な 3 自由度油圧マニピュレータを構成し、新油圧回路と課題 1 で開発した新サーボコントローラを用いた駆動実験を行った結果、可搬重量 10kg の市販産業ロボットと同じ大きさのロボットで 20kg の可搬重量と手先位置決め精度 0.5mm を達成し、圧力制御による重力補償とコンプライアンス制御も達成した。一連の研究により、複数のバルブとサーボモータの最適な操作方法も見出しつつある。



(左) H2SB ユニット 2 号機 (右) 3 軸マニピュレータのコンプライアンス制御

2-2 成果

上記二つの課題に対する成果をまとめると次のようになる：

まず、各種状態量のモニターと各種バルブの操作、高い演算能力を確認できた (RSJ2016 発表済)。特に、壊れやすい力センサーを用いずに圧力から外力を推定することによって同等の力制御性能を実現した。また、高速な演算能力を活かし、サーボ弁駆動の試験脚において高所からの着地衝撃吸収制御を実現した (JFPS2017 で発表予定)。

次に、可搬重量 10kg の市販産業ロボットと同じ大きさのロボットで 20kg の可搬重量と手先位置決め精度 0.5mm を達成し、圧力制御による重力補償とコンプライアンス制御も達成した (2016.10 プレス発表済、ICRA2017、ROBOMECH2017、JFPS2017 で発表予定)。

2-3 新たな課題など

- 市販のバルブを利用している都合上、組込みのためのコンパクト化が難しい。用途を限定すれば、省バルブ構成が可能かも知れないので、検討していきたい。
- 市販のサーボモータを利用している都合上、組込みのためのコンパクト化が難しい。Canned 型ポンプの開発が可能かどうか、予算に関わらず情報だけはあたってみたい。
- 以上、コンパクト化が難しい場合、脚ロボットのような移動ロボットにおいてはバルブ類を基部に配置するしかないが、マニピュレータや脚の関節など、遠隔にあるシリンダーまでホース配管する場合、応答性が落ちてしまう。したがって、金属パイプを用いた新たな配管方法を検討中である（2017年4月から）。

3. アウトリーチ活動報告

2016年10月14日に「油圧ハイブリッドサーボマニピュレータ」について、立命館大学プレス発表を行った。その内容は新聞各社（京都新聞、日刊工業新聞、日経産業新聞、毎日新聞、中日新聞、産経新聞、フジサンケイビジネスアイ）の紙面で紹介された。

続いて10月19日から3日間東京ビッグサイトで開催された Japan Robot Week 2016 において、『次世代油圧技術が切り開く新しいロボティクス』をテーマに、「油圧ハイブリッドサーボマニピュレータ」および「油圧駆動4脚2輪歩走行ロボット」を動展示し、大きな反響を呼んだ。後者については10月27日のフジテレビ「めざましテレビ」で大きく紹介された。