

報告日 2015年(平成27年) 11月30日

報告者 立命館大学 理工学部 准教授

玄 相昊

## 1. 研究概要

(和文)

### (1)課題名 (日本語)

ブースト型油圧ハイブリッドサーボ駆動回路の解析と制御

### (2)研究者氏名

玄 相昊 立命館大学 理工学部 准教授

### (3)研究概要 (日本文)

本研究では、代表者らが発明したブースト型油圧ハイブリッドサーボ駆動回路において最適な制御系を設計すべく、小型プレスを対象に複数のバルブからなる油圧回路を含む動力学モデルを構築し、実験データを用いてモデル同定を行った。この動力学モデルを用いて最適制御や予測アルゴリズムを構築することにより、様々な多軸アプリケーションにおける機器選定や制御系設計をユーザーのニーズに応じてきめ細かく行うことが可能になると考えられる。

### (4)キーワード

油圧ハイブリッド, 油圧プレス, 動力学シミュレータ, システム同定

(英文)

### (1) Research title

Analysis and Control of Boosting-Type Hydraulic Hybrid Servo Drive

### (2) Name of researcher with title of position

Sang-Ho Hyon, Associate Professor, Ritsumeikan University

### (3)Summary

In order to develop optimal controllers for our new boosting-type hydraulic circuit, in this project we have built a dynamic model of a small-sized hydraulic press including the circuit with many valves, and conducted the system identification. This result is useful for designing optimal control and estimation algorithms as well as the component selection especially for multi-degrees of freedom applications.

### (4)Key Words

Hydraulic hybrid, hydraulic press, dynamic simulator, system identification

## 2. 本研究の意義・特色

提案回路が特に有効性をもつ多軸アプリケーションにおいて、複数のバルブとポンプの同時操作によって生じる回路内の各状態の時系列を予測することが可能となり、それをもとにアクチュエータの最適な制御系を設計することが可能となる。シミュレータを用いてユーザーの要望に応じたシステム設計が可能となる。

## 3. 実施した研究の具体的内容、結果

本研究では増圧式ハイブリッド油圧回路の動力学モデルを導出するにあたり、具体的に、2トンサイズのハイブリッドプレス試作機(図1)を構成し、シミュレータ構築とモデル同定作業を同時に行った。

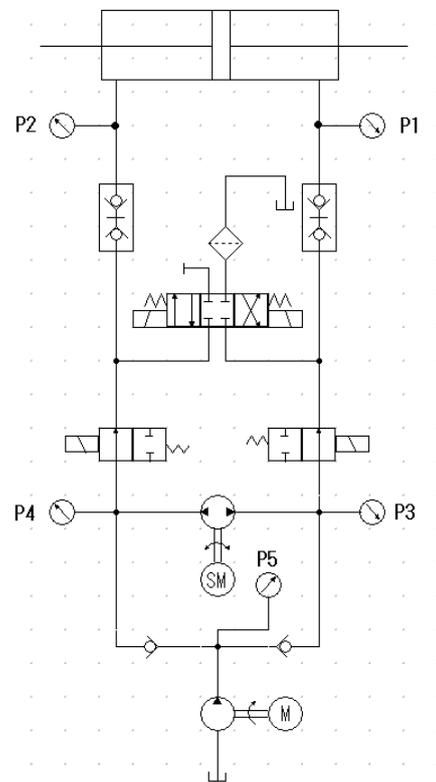


図1 モデル構築に用いた小型プレスと油圧回路図

まず、油圧サーボプレスについては0.4ccのマイクロポンプと400WのACサーボモータを用いてサーボポンプを構成し、メインポンプは市販の圧力制御可能な油圧ユニットを用いた。ストロークセンサーとして分解能0.1 $\mu$ mのデジタルゲージを購入し、市販のDSPシステムを利用した実時間制御システムを構築した。

次に、油圧回路モデルとプレス機の運動方程式とを記述し、それを用いてシミュ

レータを構築した。油圧プレス構成要素であるシリンダー、ポンプ、各種バルブ、モータの物理モデルを数式として記述し、それら機械系と油圧系の動力学モデルを結合することでひとつのシステムとして接続した。これをシミュレーションソフトであるMATLAB/SIMULINKを用いてプログラムした。センサーの量子化誤差も再現した。シミュレータで評価した制御アルゴリズムは専用DSPシステムを用いて即座に実機に適用可能となった。

次に、シミュレーションモデルのパラメータを求めるために、様々な条件のもとで、回路内の各所に設けられた圧力センサーと、サーボモータのトルク・回転数の時系列データを収集した。また、計測データをもとに、未知パラメータ（配管抵抗、圧縮性、各部の摩擦、漏れ量など）を同定する作業を行った。状態変化を正確に取得するために、応答性の良い小型圧力センサーを図1に示した箇所に取り付けた。得られたデータを用いてシミュレータの各要素のパラメータを同定した。ここでは簡単のため、メインポンプを定圧力源とし、サーボモータも理想的な回転数発生源とした。同定方法として最小二乗法を用いた。

動作開始の信号でバルブが開閉してロッドが下降し、ある定められた位置でハイブリッドモードに切り替わり、小型サーボモータが回転して所望の位置決めを行うという、本プレスの最も基本的な動作について、実験とシミュレータの結果を比較したものが図2である。制御則としては単純なPID制御を用いている。動的シミュレーションであるので、時定数が極めて小さい圧力が一致するかどうかを実機とシミュレータとの差異を表すバロメータとなる。図2の上から3番目のグラフに圧力の時間変化を示している。

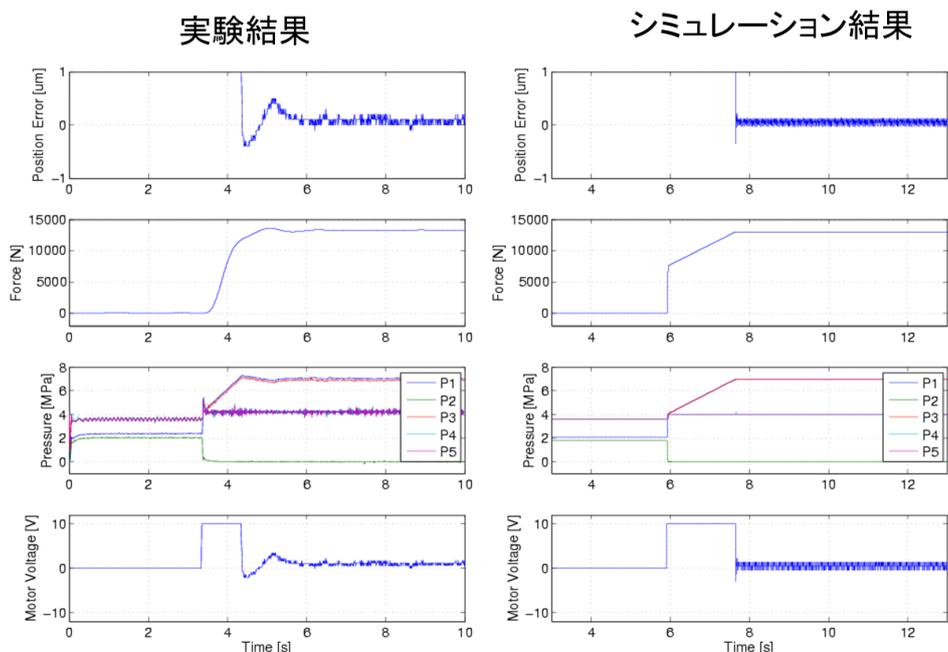


図2 ブーストモードを利用した位置決め制御実験

グラフが示すように、定常特性は極めて酷似しており、過渡特性で少し差異がみられる。その原因として油圧源やサーボモータを単純化したことによるモデル化誤差が考えられる。また、内部の圧力損失や漏れがまだ不完全であると思われる。しかしながら、制御則を検討する事は十分であると考えられる。

#### 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

玄 相昊 立命館大学 理工学部 准教授

#### 5. 研究実施時期

2014年（平成26年）3月1日から 2015年（平成27年）9月30日

#### 6. 本研究に関連して発表した主な論文等

- [1] Sang-Ho Hyon, Fumio Noda, Toshiyuki Nomura, Hiroshi Kosodo, Yoshihiro Mori and Harutsugu Mizui, Hydraulic hybrid servo booster and application to servo press, The 9th JFPS International Symposium on Fluid Power, October 28-31, 2014, Matsue, pp.158-162.
- [2] 野村敏行, 玄相昊, 油圧ハイブリッドサーボブースターによる10トンプレスの精密制御, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, 2015/5/18 みやこめっせ（京都）, 2P1-K08.
- [3] 森田圭亮, 野村敏行, 玄相昊, 増圧による精密油圧サーボと空気圧サーボ技術, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 産学連携企画（ポスター発表）, 2015/5/17 みやこめっせ（京都）.

#### 7. 内外における関連研究の状況

近年、いわゆる EHA（電気油圧アクチュエータ）と呼ばれる、サーボモータを利用した閉回路駆動方式が各メーカーから販売されているが、考え方は古くから存在し、実際に航空機への導入が試みられて久しい。しかし、絞り制御と体積制御を組み合わせた本研究のような油圧回路は見当たらない。

#### 8. 今後の発展に対する希望

- ・様々な多軸アプリケーションへの適用例を研究していきたい。
- ・ロボット応用については ImPACT プロジェクトにおいて可能性を具体的に検討中