

静止摩擦を考慮した知的制御による空気圧サーボ系の構築

筑波大学

劉 成琳, 安信 誠二

Construction of Pneumatic Servo System by Intelligent Control with Static Friction

Chenglin LIU and Seiji YASUNOBU,

University of Tsukuba

abstract: Pneumatic actuators are widely used in the industrial field by a simple ON-OFF control, despite their many advantages. In this paper, we propose an intelligent control method for a pneumatic servo non-linear system with static friction. The effectiveness of the proposed system is confirmed by the real machine experiment under the condition of a constant load.

1 はじめに

空気圧サーボ系は経済性、安全性、環境保全性等に優れ、産業界の多くの分野で利用されている。また、空気圧アクチュエータは柔らかな動作が可能であり、人と直接接触するような支援システムへの利用も期待されている[1]。本研究では、身体の不自由な方への飲水などのサービスを想定し、空気圧回転アクチュエータを用いた制御系の開発を進めている。

この空気圧制御系は、負荷や温度変化による動特性変動や静止摩擦力等、制御性能に悪影響を与える非線形要素を有している。従来のPID制御手法では、システムを思い通りに動かすことが困難であり、制御性能の向上に関する試みが行われている[2]。

これまで本研究室では、空気圧シリンダを用いた非線形システムに対する知的制御の有効性を検証した[3]。本研究では、空気圧回転アクチュエータを用いたサーボ非線形系に対して、定常特性と過渡特性を改善するために、人間の制御知識を組み込み、システムの特性を把握した制御を行う。静止摩擦を考慮した知的制御系を構築し、実機実験により知的制御系の有効性を検証する。

2 空気圧サーボ系の構成

本研究で用いている空気圧サーボ系の構成を図1に示す。空気圧回転アクチュエータは内径30mm、回転角度90°、ダブルベーン形(SMC社製)、使用圧力範囲は0.15MPa~1.0MPa、理論出力は0.5Nm~7.5Nmである。アーム先端のチャックにより最大0.5kgの負荷を把持する。二個の制御弁は現在の出力圧力値とPCからの目標圧力信号との偏差がゼロになるようにPID制御を行う電空レギュレータを用いている。制御弁の一次側への供給圧力 P_s は0.4MPaとし、二次側圧力は一端を0.2MPaの一定値とした。回転角度位置はアクチュエータの出力軸に固定した回転ポテンシオメータからの電圧信号として出力され、12ビットA/D変換した後にPCに取り込まれる。また、PCからの指令は、12ビットD/A変換されアナログ量として制御弁に出

力され、空気圧回転アクチュエータを駆動し、左右室内の圧力差によって、負荷を運ぶ。

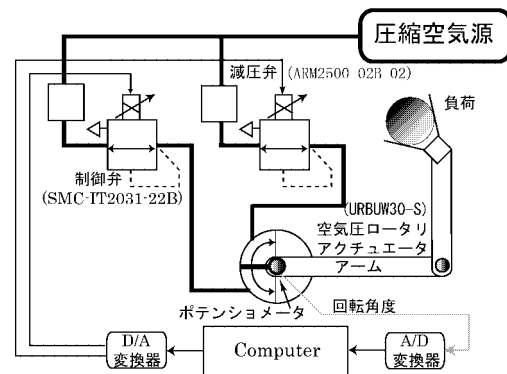


Fig.1 空気圧サーボ系の構成

3 知的制御システムの構築

3.1 問題点の考察

従来のPD制御法を用いた場合について、静止摩擦と負荷の変化に対する問題点を考察する。

3.1.1 静止摩擦の存在について

負荷を0kg(無し)、0.2kg、0.5kgとし、10秒の時点で目標値(0.5rad)を与え同じPDゲインで制御を行った。

応答結果(図2)において、立ち上がりの遅れ時間が約0.5秒であった。遅れが発生する理由はアクチュエータの中に静止摩擦が存在するためである。圧力出力が静止状態から静止摩擦より大きくなった時、空気圧回転アクチュエータが動き始めた。また、約12秒の時点で制御圧力差があるが、静止摩擦より小さいため、結果が修正できず、ピストンがそのまま停止した。その結果、図2のような停止誤差が生じた。

3.1.2 負荷の変化について

図2に示すように、質量の変化に伴い立ち上がり時間とオーバーシュートが異なっていることが分かった。また、静止摩擦の存在のため、異なる停止誤差を有していること

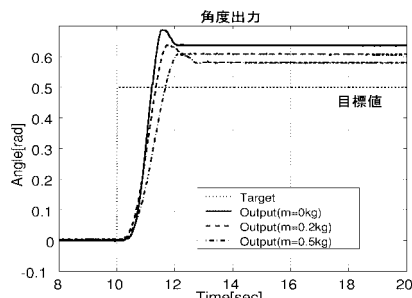


Fig.2 PD 制御による異なる質量負荷に対する応答が分かった。

3.2 解決方法

これらの問題を解決するために本研究では、知的制御(予見ファジィ制御[4])方式により制御系を構築する。

このシステムの制御目的は、

目標値に速く応答する。 停止精度を良くする。

である。これらの制御目的に関して、測った質量を対象モデル[5]に代入し、具体的な式を決め、制御知識を利用する。次に、「制御偏差が非常に小さい」、「オーバーシュートしない」といったファジィ命題を、停止位置を予測し、ファジィ評価することにより制御指令を決定する。この将来状態を予測する予見ファジィ制御方式を用いて空気圧サーボ系の知的制御システムを図3のように構築する。

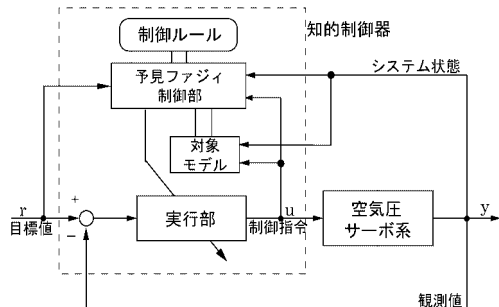


Fig.3 システムの構成

4 予見ファジィ制御の推論過程

予見ファジィ制御の推論過程を図4に示す。まず、制御指令の候補の実行を仮定し、対象システムモデルを用いて将来状態を計算する。次に、ファジィ多目的評価をファジィ目的に基づき行い、最大の評価値を持つ制御方を決定する。最後に、実行部での計算値を制御指令として出力する。

5 実験の結果

提案した制御方法の有用性を確認するために静止摩擦が無視できない状況において、PD制御と予見ファジィ制御により実機実験を行った。アクチュエータの初期値は0radである。目標値は0.5radと設定した。負荷を0.2kgとした結果を図5に示す。PD制御では、 $K_p(=1.0)$ ゲインが

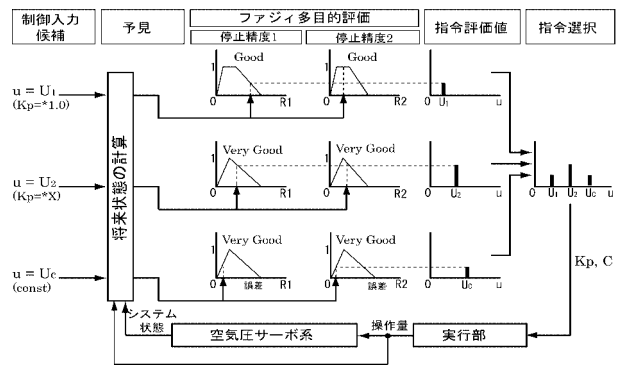


Fig.4 予見ファジィ制御の推論過程

小さい時誤差が減少できたが、立ち上がりが遅くなった。

$K_p(=1.5)$ ゲインを大きくすると立ち上がり時間が短くなったが、オーバーシュートが生じ、振動もした。それに対して、予見ファジィ制御では、静止摩擦の存在に関わらず、立ち上がりが速く、目標値に良好に追従できた。

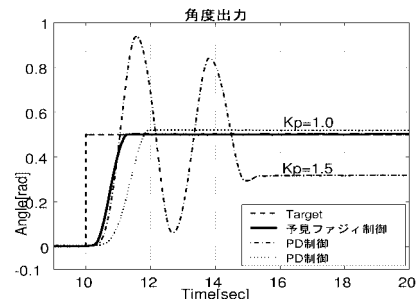


Fig.5 PD制御と予見ファジィ制御による実験の制御結果

6 おわりに

本報告では、静止摩擦を考慮した知的制御(予見ファジィ制御方式)による空気圧サーボ非線形系を構築した。静止摩擦の問題に関しては、一定負荷の条件下で実機実験を行い、システムの有効性を確認した。今後、負荷の変化も考え、空気圧回転アクチュエータによるマニピュレータを用いて実機実験を行い、この制御システムの有効性を確認する予定である。

参考文献

- [1] 川村, 早川, 須藤, 米沢, S.R.Pandian, "空気圧アクチュエータを用いた立ち上がり動作補助装置の基礎研究", パイオメカニズム学術講演会, SOBIM, pp.900-909 (1999)
- [2] 松下, 水上, 佐藤, 田中, "空気圧サーボ系の δ 演算子を用いた NN 併用 MRAC", 第二回適応学習シンポジウム, pp.77/82 (2002)
- [3] 伊藤, 安信 "静止摩擦を有する非線形系への知的制御の適用", 第30回知能システムシンポジウム, pp.133/136 (2003)
- [4] 安信, "ファジィ工学", 昭晃堂 (1991)
- [5] 劉, 安信, "知的制御の空気圧ロータリアクチュエータへの適用", 2004「あいまい・感性・知性」合同ワークショップ, pp101/102(2004)