

3 自由度ロボットアームの学習制御

計算材料学研究室 田中直樹・杉浦悟朗
指導教官 山田 実

1. 緒言

ある目標出力が動的システムに与えられたとき、これを実現する入力を求めるのは一般に簡単な作業ではない。この問題を解決する方法として学習制御がある。⁽¹⁾⁽²⁾ 学習制御とは、動的システムに対してある1つの目標値を与え試行し、この試行により得られた出力と目標値との偏差に基づいて入力を漸次修正し、それを繰り返すことによって、与えられた目標値に出力を追従させる制御方法である。この学習制御の特徴としては、1つの対象に対して同じ目標値を与えることである。この学習制御の概念図を図1に示す。この方式では、システムが何度も試行を繰り返して、ある目標出力 $y_d(t)$ を達成するために、 $k-1$ 回目の試行により得られた出力誤差 $e_{k-1}(i)$ と $k-1$ 回目の入力 $u_{k-1}(i)$ からあるコントローラ（補償器）を用いて、 k 回目の入力 $u_k(i)$ を求めて、1度記憶する。この修正された入力 $u_k(i)$ を $k-1$ 回目の試行とおなじ対象に与える。これ以降の試行も同様の動作を繰り返す。

本研究では平面上を動く3自由度のロボットアームを製作し、上記に述べた学習制御を適用する。

2. 実験方法

設計、製作した実験装置を図2に示す。各モーターに一定電圧を加えアームを動かし、動作実験を行い、慣性モーメント、動摩擦係数、電圧と力との変換係数を推定した。この推定したパラメータを用いSIMULINK上でシミュレーションを行い、動作実験の結果と比較し実際のシステムに使用できるかを確認した。

つぎにロボットアームの運動方程式を導き出し⁽³⁾ 学習制御に必要な状態方程式を求めた。そして学習制御の補償器を設計し⁽³⁾ MATLAB上でシミュレーションを行った。

3. 実験結果および考察

基礎的な例として、1リンクにおけるシミュレーションをおこなった結果を図3に示す。この結果は試行回数に対して出力の推移を表している。 k 方向は試行回数、 t 方向は1回の試行における時間を表す。目標値との誤差を見ると、入力は目標値と出力の誤差を減少する方向で推移している。よって、このシステムにおいては学習が行われていると考えられる。

4. 結言

今回製作したロボットアームの動作実験からシステムの諸元を求めることができた。そして基礎実験のシミュレーションを行った。3リンクではシミュレーションを行うために必要な数式モデルを構築したが、実際のシステムに適用

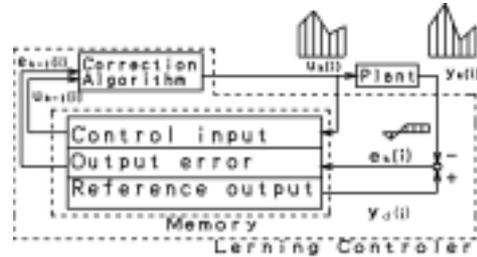


図1 学習制御



図2 実験装置

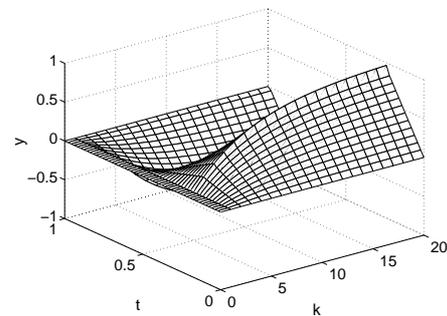


図3 シミュレーション結果

するには、数式モデルの妥当性を確認する必要がある。

参考文献

- (1) 川村, 宮崎, 有本: ロボットマニピレータの運動学制御, 計測自動制御学会論文集, Vol.22, No.4, pp.443-450(1986)
- (2) 山田, 除, 齊藤: Practicalな条件に基づく2次元最適制御とその学習制御系への応用, システム制御情報学会論文誌, Vol.12, No.12, pp.702-710(1999)
- (3) 有本卓: ロボットの力学と制御, 朝倉書店 (1990)