

ニューラルネットワークを用いたロボットの目標軌道とトルクの学習および補償器の設計

永田研究室 E105016 藤原 聖也

1. 目的

現在、ロボットの制御にはPID制御等の様々な制御方法が用いられており、高速・高精度な制御を目的に重力補償や摩擦補償などの補償器が組み込まれている。一般的にこれらの補償器のリアルタイムでの動作は、サンプリング時間毎の計算負荷が大きくなってしまいう問題がある。そこで本研究では、インテリジェント制御法のひとつであるニューラルネットワーク(NN)を用いてフィードフォワード(FF)補償器を構成し、6自由度の産業用マニピュレータ PUMA560 の軌道追従制御問題に応用したので報告する。

2. 実験内容

まず、ロボット座標系の X-Y 平面において正弦波形を描くような目標軌道の設計を行い、ロボットの軌道追従制御を行うために必要となる関節駆動トルクをトルク計算制御法により計算した。トルク計算制御法はサーボ部分とモデルベース部分で構成され、モデルベース部分には重力補償などの非線形項が含まれている。この目標軌道とトルクの関係は NN の教師信号となる。NN は6軸分の関節座標系の角度を入力信号、各軸のトルクを出力信号とする6入力1出力で構成し、ユニット数 30 の2つの中間層を設けている。この NN は各軸のトルクを独立に補償するために6個配置されている。学習はバックプロパゲーションアルゴリズムを用いて 20000 回ほど試行した。次に、学習された NN を用いて FF 制御器の設計を行い、従来の FB 制御器と併用する形でサーボ制御系に組み込み、軌道追従制御の性能評価を行った。

3. 結果

十分に学習された NN からの出力と教師信号との比較の一例(第2関節)を図1に示す。図1より、緩やかな非線形性を有するトルクカーブが良好に学習されていることがわかる。ただし、FF 制御器に応用する場合には、NN が十分に学習されていても目標関数の近似値しか出力できないことに注意する必要がある。このため、FB 制御法との併用は不可欠である。また、外乱等により発生する軌道の誤差はトルク計算制御法のサーボ部分のみで、すなわちモデルベース部分を用いなくても減少させることができた。図2には FB 制御系のサーボ部分からの出力トルクを示す。このことから学習された NN がトルク計算制御法のモデルベース部分の代わりに遠心・コリオリ力項や重力項といった非線形項を出力できていることが確認できる。

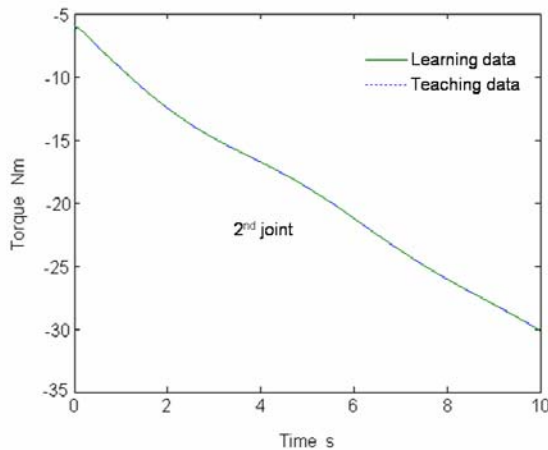


図1 学習結果と教師信号の比較の一例

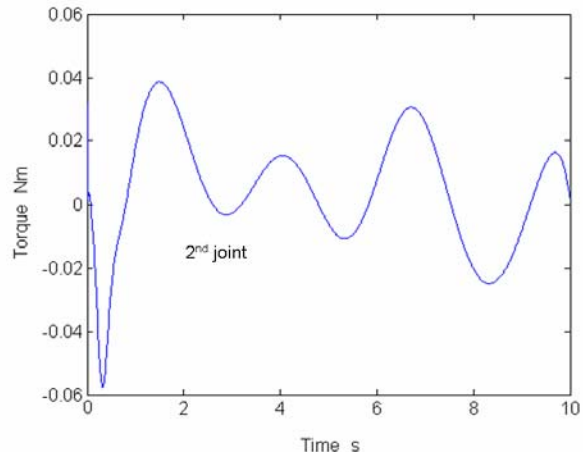


図2 FB 制御器からの出力の一例