

多自由度を有するロボットに関する教示システムの提案

池田憲弘*

1 はじめに

本研究では、ロボットのタスク実行の手助けをし、オペレータの負担を軽減するための方法として、入力装置を用いたロボットへの教示システムの提案を行う。

これまで、ロボットへの教示方法として、さまざまな研究が行われているが、本研究では特に、ロボットの自由度が入力装置の自由度より多いシステムを扱う。このようなシステムに対する教示システムの提案も行われているが [1]、それらの研究の多くは、一部の動きをプログラムにより自動化し、残りの部分に対して教示を行うという形式を取ることで、教示出来る自由度を制限している。しかし、教示出来る自由度を制限するという事は、本来ロボットが行えるはずの動きを制限するという事である。

そこで本研究では、ロボットの自由度が入力装置の自由度より多いシステムに関して、動きの自動化を行わず、すべての自由度に対して教示を行うことが出来るシステムの提案を行う。

2 アプローチ

まず、ロボットへ教示を行う際の全体のシステムについて述べる。入力装置からの操作データから実際のロボットの動きを作成し、これを動作データとして記録する。この動作データを必要な時に、自由に呼び出すことが出来るシステムとする。

しかし、ロボットへ教示を行う際、ロボットの自由度が入力装置の自由度よりも多いシステムにおいては、ロボットの自由度と、入力装置の自由度を 1 対 1 対応させることは出来ないという問題がある。この問題を解決するために、ロボットの自由度を仮想的に分割し、切り替えることで入力装置との対応を可能にする。この時、ロボットの自由度を N 、入力装置の自由度を M とすると、 N と M の関係式は $N > M$ となる。ここで $N_1 \leq M, N_2 \leq M, \dots$ となるように N を分割し、そのグループごとに切り替えて教示を行う。

しかし、このような自由度の分割を用いた方法では、すべての自由度に対して教示が可能であっても、一度に教示出来る自由度の数は M 以下に制限されてしまう。

そこで、擬似的にすべての自由度に対して同時に教示出来るシステムについて述べる。すでにロボットの一部自由度への教示を行った動作データを実行している間に、まだ教示されていない自由度に対して、入力装置を用いて動きを追加することが出来るようにする。また、このように追加教示された動作データに対して、さらに追加教示を行うことが出来る。これを繰り返すことで、すべての自由度に教示を行うことも可能である。

次に、教示により作成された動作データに対して、修正を加えるシステムについて述べる。すでにロボットの自由度に対して教示を行った動作データを実行している間に、過去に教示されている自由度に対して入力装置を用いて動きを修正することが出来る。また、このように修正教示された動作データに対して、さらに修正教示を行うことが出来る。これを繰り返すことで、よりよい動き、あるいは状況にあった動きを生成していく。

以上の様に、教示された動作データに対して動きの追加教示と修正教示を繰り返し行うことで、動きを作成する。

3 使用したロボットと入力装置

本研究ではロボットにはスピーシーズ社製の SPC-001 を用いた。このロボットは全身に 23 のサーボを持っており、これが自由度となる。ただし、本研究では、これらのうち 6 個のみを用いる。また、無線 LAN を装備しており、これを用いて入力装置とロボット間の通信を行う。

入力装置として、Logitech 社製のジョイスティック EXTREME 3D PRO を用いた。このジョイスティックは 3 軸のアナログ入力を持っており、これが自由度となる。また、ボタンを 12 個持っており、これをロボットの自由度の切り替えに用いる。

その他として、ジョイスティックを用いてロボットに教示を行うために、ジョイスティックからの入力を受け取り、ロボットと通信を行うための PC を用意する。この PC を介することで教示システムを実現する。

4 手法

本研究では、教示に用いる制御方法により、1 回目の教示を行う初回教示と、2 回目以降の教示を行う追加、

*室蘭工業大学 情報工学科 認知ロボティクス研究室

修正教示の2つに教示方法を分けることができる。

まず、初回教示について述べる。これは、動作データがまだ作成されていない最初の1回のみを用いる教示である。制御方法として、速度制御を用いた。速度制御の式は $\theta_{i+1} = \theta_i + (v * t)$ となる。 θ_i は i 回目のサーボの出力であり、 v は i 回めのジョイスティックからの入力である。 t は v を角度に変換するための係数であり定数となる。この時、 θ_{i+1} が保存される動作データである。

次に、追加、修正教示について述べる。これは、動作データが作成され、最低1回の教示が終わったあとに、動作データの追加、修正として用いる教示である。制御方法は $\theta_i = F_i + \theta'_i$ で表される。 θ_i は i 回目の出力（ロボットへの出力と追加教示の結果の保存）である。 F_i は再生中の動作データの i 個目である。 θ'_i は $\theta'_i = \sum_{k=0}^{i-1} \theta''_k + (v_i * t)$ で表される。 $\sum_{k=0}^{i-1} \theta''_k$ は前回までのジョイスティックからの入力データを角度に変換したものである。 v_i は今回の入力であり、ジョイスティックを用いて、速度として入力を行う。 t は v を角度に変換するための係数であり、定数である。

5 実験

今回作成したシステムを用いて、ロボットへの教示実験を行った。今回実験に用いた6つのサーボにはそれぞれID番号があり、右肩の前後方向に動くサーボが14番、右肩の左右方向に動くサーボを15番、右肘のサーボが16番、左肩の前後方向に動くサーボが18番、左肩の左右方向に動くサーボが19番、左肘のサーボが20番となる。14番サーボは前方向に曲げるほど角度の値は低くなる。15番サーボは右に開くほど角度の値は高くなり、16番サーボは外側に開くほど角度の値は高くなる。18番サーボは前方向に曲げるほど角度の値は高くなる。19番サーボは左に開くほど角度の値は高くなり、20番サーボは外側に開くほど角度の値は低くなる。

追加教示実験として、まず1回目の試行として、14番サーボを前方向に90度曲げる。その後初期位置まで下げ、今度は15番サーボを右方向に90度曲げ、初期位置まで下げる。2回目の試行として、18番サーボを前方向に90度曲げる。その後初期位置まで下げ、今度は19番サーボを左方向に90度曲げ、初期位置まで下げる。3回目の試行として、16番、20番サーボを外側に曲げ、戻す動きを教示した。3回目の試行後の教示結果を図1に示す。

修正教示実験として、1回目の教示として、14番サーボを前方向に90度曲げる。さらに15番サーボを右方向に90度曲げ、その後初期位置まで下げるという教示を行なった。2回目、3回目の教示では、この動きを大きくする方向に修正を加えた。14番サーボは前方向に90

度以上曲げ、15番サーボは右方向に90度以上曲がるように修正入力を行った。3回目の試行後の教示結果を図2に示す。

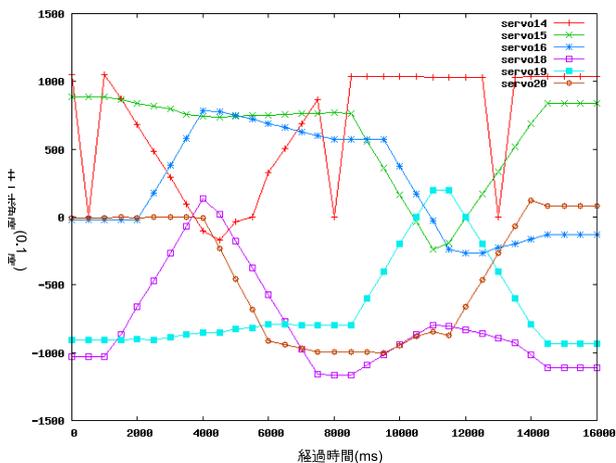


図 1: 追加教示実験結果

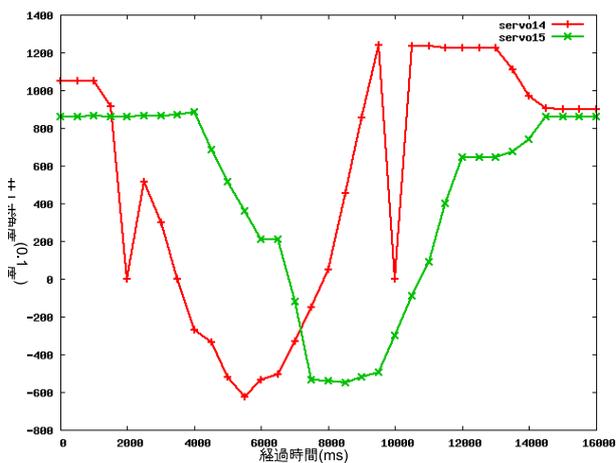


図 2: 修正教示実験結果

6 まとめ

実験結果より、本研究のアプローチを用いることで、ロボットの自由度が入力装置の自由度よりも多いシステムにおいて、各自由度に対して個別に教示を行えることを示した。

参考文献

- [1] 永田寅臣 渡辺桂吾, "研磨ロボットのためのジョイスティック支援による力制御教示システム", 日本機械学会論文集 C 編, 67, 655, pp. 177-184