

LeapMotion を用いた垂直多関節ロボットの 教示インターフェースの作成と評価

○飯塚 貴士, 植村 渉 (龍谷大学)

A useful interface for robot teaching with motion capture

* T. Iitsuka and W. Uemura (Ryukoku University)

Abstract In industrial field, robot arms are focused on in order to process the product. Especially the structure of articulated robots is similar to human arms, so articulated robots are installed a lot as industrial robots. In order to assemble the product by the industrial robot, teaching is required which records all steps for assembling the produce in advance. A high level technique is required for teaching method. However, it is difficult to keep such engineer with such skills because of the size and the budget of the factory. Furthermore, when teaching on the line, it is necessary to stop the line, so it is necessary to teach quickly. Therefore, in this paper, we propose a useful teaching interface adapted to the movement of the human arm with the motion capture device.

1 はじめに

近年の生産現場では、製品加工にロボットアームの導入が進んでいる。特に垂直多関節ロボットは人間の腕に近い構造を持っており、産業用ロボットとして広く普及している。産業用ロボットが製品の組み立て作業などを行うには、専用の機器を用いて作業に必要な動きをあらかじめ記録する教示が必要である。教示には一定の技術が要求される。しかし工場の規模や予算によっては熟練者を継続的に雇うのは困難である。また、ライン上で教示する場合、ラインを止める必要があるため、素早く教示を行う必要がある[1]。そこで本研究ではモーションキャプチャ装置を使い、人間の手を入力インターフェースとすることで、手軽にロボットアームを操縦する方法を提案する。そして、垂直多関節ロボットの教示インターフェースに適用する。

2 教示再生方式

産業用ロボットは教示者がロボットをマニュアル操作し、その時のモータの角度などを記憶し、それを再生することで同じ動作を繰り返す教示再生方式が一般的である。教示には、大きく分けてダイレクトティーチング、オンラインティーチング、そしてオフラインティーチングの3種類がある。その中でオンラインティーチングは、ティーチングペンダントと呼ばれる専用の入力機器を用いてロボットアームのモータの角度を直接入力して教示を行うことが一般的である。この場合、一度に全てのモータの角度を指定することが難しく、それぞれのモータを一つずつ扱うことが多い。そのため、一つの形を指示するのに、時間がかかる。本研究ではこのティーチングペンダントの代わりにモ

ーションキャプチャ機器を用い、手の形でアームの形を一度に指示する方法を検討する。

3 LeapMotion

LeapMotionは手や腕の認識に特化したモーションキャプチャ装置である。赤外線LEDと2基の赤外線カメラから構成されており赤外線カメラで撮影した画像から、画像解析によって手や指の各関節を見つける。そして、ステレオカメラの原理で装置からの距離を測定し、三次元空間上での位置を計算する。LeapMotionの認識範囲は、センサを上面を中心とした半径約60cmである (Fig.1)。使用用途には大きく2つあり、ヘッドマウントディスプレイに装着し、VR関係の製品で使用する方法と、テーブルに置いて上に手をかざして動かし、マウスやキーボードといった入力インターフェースの一つとして使用する方法である。本研究では、後者の使用方法を想定する。

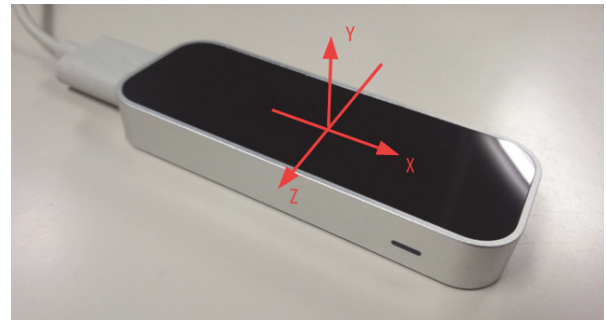


Fig.1 Capture device

4 垂直多関節ロボットの操縦方法の提案

4.1 LeapMotion とアーム型ロボットの対応

LeapMotion を用いた垂直多関節ロボットの教示インターフェースを提案する。教示者の手や腕の角度、位置を LeapMotion で検知する。検知した手の骨の角度と、手の平の前後または左右の位置の値に応じてサーボモータの角度を設定する。

本インターフェースでは、LeapMotion から次の 4 つの座標情報を取得する。1) 手の平の x, y 座標, 2) 中指の中手骨の x, z 座標, 3) 中指の基節骨の x, z 座標, 4) 親指の x, y 座標 である (Fig. 2)。なお、中手骨は各指から手首につながる骨であり、手の平は手の中心座標である。

4.2 操作方法

取得した座標情報で各サーボの角度を設定する (Fig. 3)。手の平の x, y 座標を `palmPosition().x` および `palmPosition().y` で取得する。その x の値でサーボ 1 を、 y の値でサーボ 2 を操作する。サーボ 3, サーボ 4, サーボ 5 はそれぞれ中指の中手骨, 中指の基節骨, 親指の基節骨の角度の値で操作する。

LeapMotion からは両手の情報を取得できるが、簡単に操縦するため、右手のみを利用する。

4.3 教示方法

作成した教示用システムについて説明する。モーションキャプチャ用の LeapMotion は計算機と USB ケーブルで接続する。またロボットアームも計算機に USB ケーブルで接続し、RS232C ポートを通して制御する。作成した教示プログラムには、教示データを与える操作モードと、教示データを再生する再生モードがある。教示モードでは LeapMotion により教示者の手の動きを読み取り、ロボットアームの各サーボの値を制御する。制御すると同時に各サーボの実際の角度をサーボのフィードバック機能により受け取り、保存する。再生モードでは、保存した各サーボの角度を順番に設定することで、教示した動きを再現する。教示システムのデータの流れを Fig. 4 に示す。

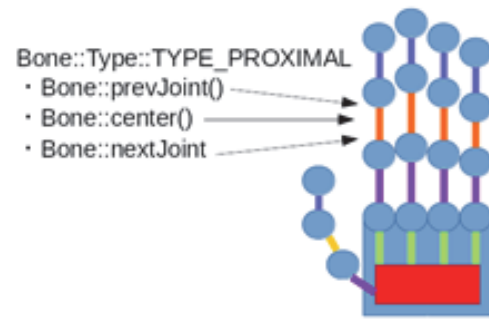


Fig.2 Defined Types of Bones

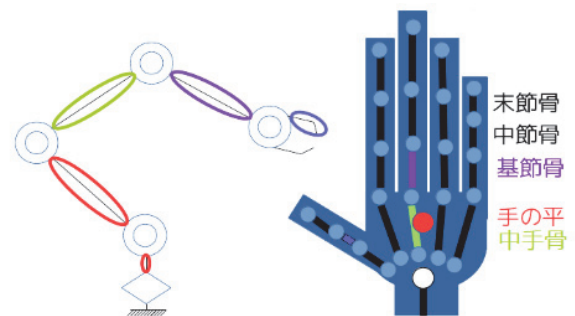


Fig.3 Relationship Between Motors and Bones

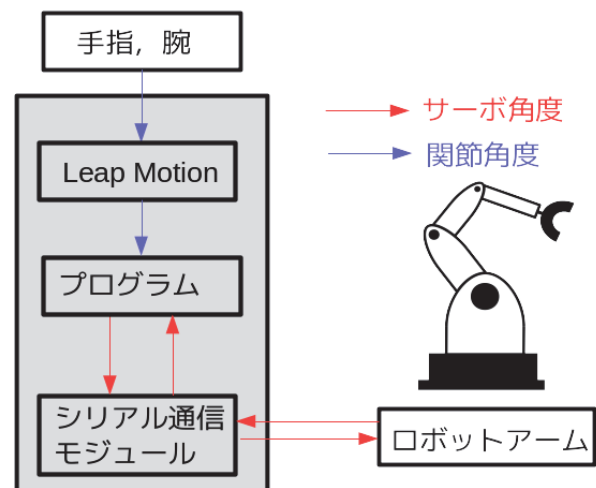


Fig.4 Communication Data Between each Devices

5 実験

5.1 評価方法

提案したインターフェースの教示のしやすさを評価するために、教示にかかる時間を測定する。従来法としてそれぞれのモータの値を入力する方法と比較する。これを直接入力法とする。直接入力法では、ロボットアームを手で動かし、サーボからのフィードバックで得られたサーボの値を記録して、教示値とする。

実験は両手法とも同じ内容の作業の教示を行う。対象物を把持し、指定の場所へ置く作業の教示を行う。その操作にかかった時間を計測して評価すると共に、どれだけ操作しやすかったかを、5段階でアンケートを行い評価する。

5.2 評価環境

被験者は20代男性3人であり、操作に対する慣れによる作業時間の変化を防ぐため、実験前に両方のインターフェースを十分に扱い、作業時間が安定した状態になってから実験を行った。

実験ではRT CorporationのCRANE+を用いた。このアームには、モータとしてDynamixel AX-12Aが5個使われており、5軸ロボットアームである（Fig. 5）。把持対象としてFesto社のワークを用いた。ワークの外観をFig.6に示す。

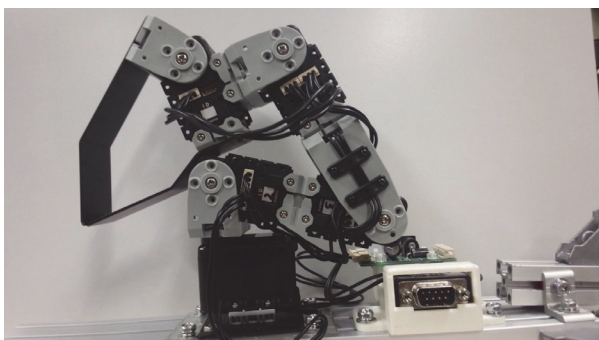


Fig.5 Gripping Arm CRANE+



Fig.6 Work

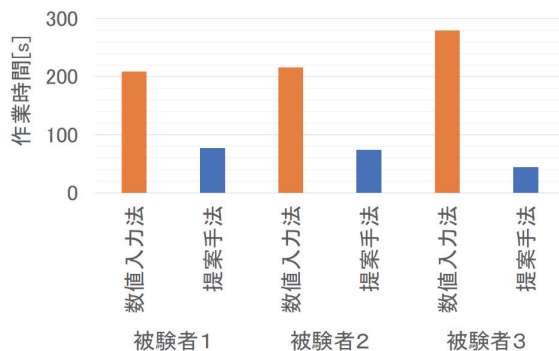


Fig.7 Operating time

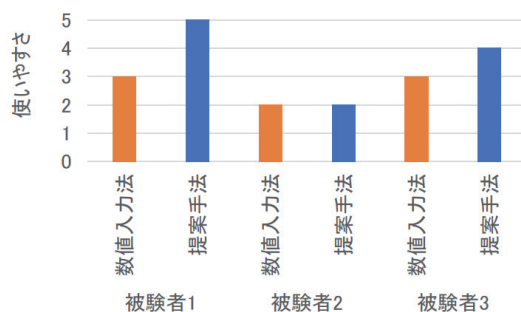


Fig.8 Usefulness for methods

5.3 評価結果

実験の結果をFig.7とFig.8に示す。Fig.7より平均作業時間は、いずれの被験者も数値入力法より提案手法の方がより少ない時間で操作を行うことができたことが確認できる。Fig.8のアンケート結果では、1名の被験者は同等の簡単さであったと回答し、2名の被験者は提案手法の方が簡単であったと回答した。2つの結果を比較すると、作業時間の短さと操作の簡単さに相関が見られない被験者もいることがわかる。これは、今回のアンケートは、提案したインターフェースが被験者の直感にどれだけ合っているかを表しているため、操作にかかる時間が短くても、操作が簡単であると感ずるわけではないためである。実験の結果から、直接入力する手法よりも、Leap Motionを用いた提案手法の方が、教示をしやすく、教示にかかる時間を削減できたことがわかる。

6 おわりに

本研究では教示にかかる時間の短縮及び操作の簡易化のため、LeapMotion を用いた教示インターフェースを提案した。そして実際に LeapMotion を用いたインターフェースを使用して教示をすることで、教示を簡易化でき、教示にかかる時間を短縮できた。

教示にかかる時間と使いやすさに相関のない被験者もいたことから、今後はそのようなユーザでも使いやすいと感じられる操作法の改善を進めることが重要となる。また、数値を直接入力した方が決まった位置に動かす精度は高いため、LeapMotion を用いた操作において微調整をする方法を検討すべきである。

参考文献

[1] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：産業用ロボットの現状と課題，NEDO ロボット白書 2014，pp.3-56 (2014).