

研究ノート

パラレルワイヤとカセンサの協調による教示システムの開発

酒井昌夫*1、竹中清人*1、山本紘司*2

Development of a Teaching System for Robot using Parallel Wire and Force Sensor

Masao SAKAI*1, Kiyoto TAKENAKA*1, Kouji YAMAMOTO*2

Industrial Research Center*1

位置情報（軌道）と力情報を併用して産業用ロボットを制御することで、ロボットに「力加減」を付与するハイブリッド制御法が提案されて 30 年近くになるが、未だに普及していない。その理由の一つに、位置情報と力情報を同時にロボットに教示する容易な手法が存在しないことがある。そのため、本研究では、当所で開発済である軌道教示のためのパラレルワイヤ教示装置に 6 軸力覚センサを加えることで、ハイブリッド制御に利用可能な力と軌道の情報を同時に取得できる教示システムを開発した。

1. はじめに

本研究ではロボットに「力加減」の機能を付与することを目的としている。この「力加減」を利用する作業の一例として、やすり掛け作業がある。やすり掛け作業では、工具であるやすりを加工対象に押し付ける力の制御と、やすりが移動する軌道の制御を同時に行うことで、不要部分の除去と加工面の形状改善を行う。加工時にやすりを加工物に押し付ける力が強すぎれば加工面を必要以上に削り、弱ければ不要部分が除去できずに残る。やすりの軌道が指示した軌道から大きく外れても同様の現象が生じる。人はこうした作業の仕方を、「力加減」といい、同様な作業は多数存在する。こうした作業をロボットで模倣できれば、その用途は大幅に拡大する。

この機能を実現するため、指示された軌道を正確に再現する位置制御機能と、ロボットが受ける作業の負荷に柔軟に対応する力制御機能を組み合わせるハイブリッド制御法¹⁾が提案されている。

図 1 にこのハイブリッド制御のブロック線図を示す。同制御法は、人が与えた位置と力の二つの指令を同時に与え、図中のマニピュレータ（腕型ロボットの総称）を制御するものである。同図の上半分（破線部）はロボットを目標とする位置に移動させるための位置制御ブロック、下半分（一点鎖線部）は外力や作業負荷に柔軟性を与えるための力制御ブロックである。それぞれの制御ブロックは一般的なフィードバック制御だが、ハイブリッド制御の実現には次の 2 つの課題がある。

- ① 位置・力情報をロボットに直接教示する装置がない
- ② 移動方向毎に、どちらの制御ブロックを利用するか、

または割合（図 1、制御方向指令）を決定する必要がある。

本研究では、ハイブリッド制御の利用のため①の解決を目指す。そのため、当センターで開発済のパラレルワイヤ式教示装置^{2)~4)}に力のセンサを加えたハイブリッド制御用の教示システムを開発した。

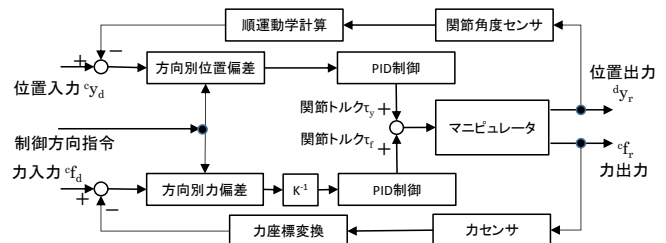


図 1 ハイブリッド制御の制御ブロック線図

2. 新開発の教示装置について

ここでは、新たに開発したハイブリッド制御用教示システムについて説明する。図 2 に本装置の CAD 図を、図 3 に本装置をロボットに搭載した状態を示す。本装置は、当センターで開発した軌道教示用のパラレルワイヤ式教示装置と作業時の負荷を計測するための力センサを組み合わせ、同期して制御するものである。

図 2 の模擬工具先端を教示点とし、この点の移動経路をロボットに与える軌道とする。教示者はテーブルまたはテーブル上に固定されたハンドルを持ち、教示点を作業対象と接触させて動かすことで教示を行う。この際、図 2 中の 6 軸力覚センサで反力を計測して、力の情報として保存する。この 6 軸力覚センサでは三次元空間における 3 方向の力と、各方向に対応するトルクを計測する。

*1 産業技術センター 自動車・機械技術室 *2 産業技術センター 自動車・機械技術室（現産業労働部産業振興課）

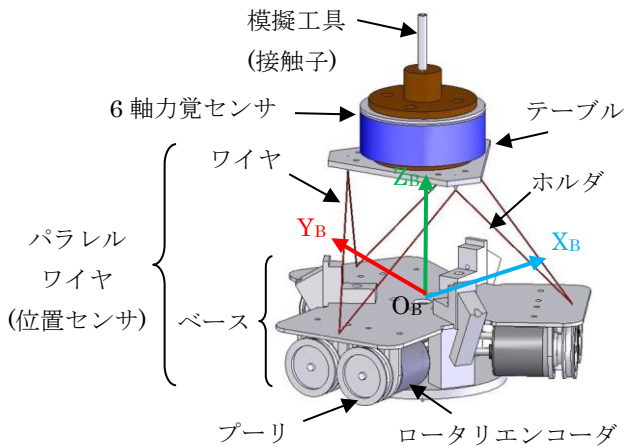


図2 ハイブリッド制御用教示装置

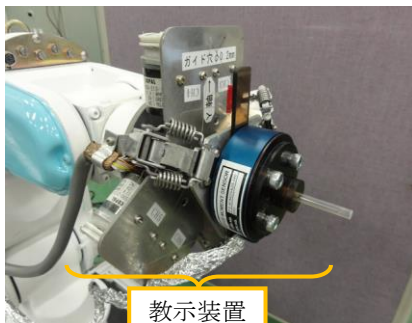


図3 ロボットの手先に搭載した教示装置

今回、6軸力覚センサはニッタ(株)製 IFS-67M25A25-I40 を利用した。

3. 新教示装置の動作確認

開発した教示システムに負荷を与え、力センサの機能を確認した。試験方法は、ロボット本体は静止させた状態で、アルミ製のおもり(1枚約0.95N)を1枚ずつ、計11枚増減して出力を求めた。本装置では、平行ワイヤ機能と力センサが同期して動作する必要がある。このため、平行ワイヤ教示装置の軌道計測機能にダミーのデータを与えて軌道計算の負荷が発生した状態を維持したまま、力センサの力計測機能が確保できるかを確認した。その一例としてZ方向の荷重FZ測定の様子を図4に、結果を図5に示す。図5は荷重が下向きなので荷重増に伴いマイナス方向に変化、荷重減に伴いプラス方向に変化している。

図5の結果から、与えた荷重に対して、往復それぞれ誤差が生じつつ追従していることが確認できる。この誤差原因として力センサ内部のひずみゲージによるヒステリシスに由来するものであることが考えられるが、このセンサの測定範囲80Nに対しメーカーの標準的な仕様である1.0%以内に収まっており、平行ワイヤ教示

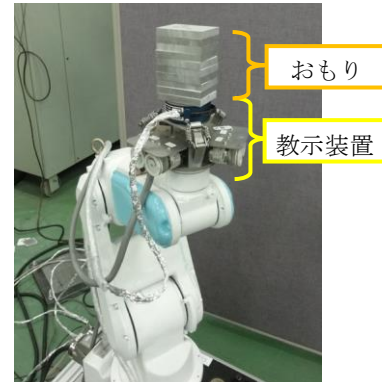


図4 荷重測定の様子

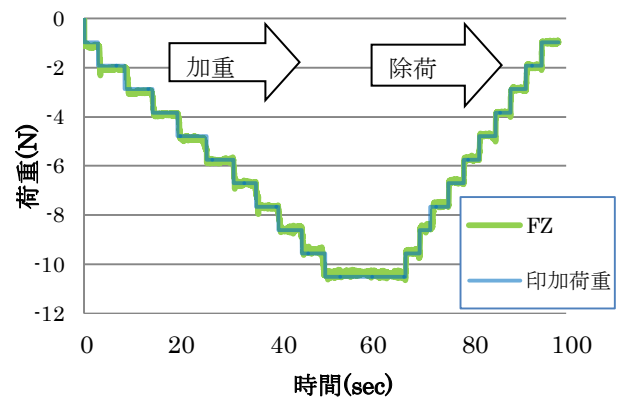


図5 力センサ動作試験結果

装置の軌道計算負荷がある中でも、荷重の計測とその精度を確認できた。また他の軸についても同様の精度を確認した。

4. 結び

ロボットに軌道と力を同時に教示するための教示システムを開発した。このシステムを開発することにより、これまでロボットに教示出来なかった、ハイブリッド制御が必要な作業の教示が可能になる。今後はこの教示システムを利用してハイブリッド制御の実現を目指す。

文献

- 1) John J Craig 著、三浦宏文・下山勲訳：ロボティクス, P309(1991), 共立出版株式会社
- 2) 酒井, 牧, 山本: 愛知県産業技術研究所研究報告, 7, 2(2008)
- 3) 酒井, 佐藤, 森田: 日本機械学会論文集(C編), 79(802), 320(2013)
- 4) 酒井, 佐藤, 森田: 高速信号処理応用技術学会誌, 16(1), 72(2013)