

研究ノート

位置/力ハイブリッド制御を利用したバリ取りロボット

酒井昌夫*¹、竹中清人*¹、木村宏樹*¹

Hybrid Position/Force Control System for Deburring Robot

Masao SAKAI*¹, Kiyoto TAKENAKA*¹ and Hiroki KIMURA*¹Industrial Research Center*¹

これまでの研究において、ロボットのハイブリッド制御に必要な位置(軌道)と力(作業負荷)の情報を同時に教示する装置を開発した。本年度は実際にこの装置を利用して教示を行い、取得した情報を利用してハイブリッド制御で作業する機能を産業用ロボットに実装した。さらにこのロボットを用いてバリ取り作業の教示、再現(バリ取り加工)の試験を実施した結果、加工精度に課題は残るものの教示情報を元にしてロボットによるバリ取り加工が可能なことを確認した。

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、力センサを利用してロボットが受ける外力を検出して柔軟に対応する力制御(インピーダンス制御等)機能を併用するハイブリッド制御法¹⁾が提案されている。この制御法を容易に利用するため、昨年度開発した教示装置とハイブリッド制御法を実装した産業用ロボットのシステムを構築した。更に、このロボットに回転工具を装着してバリ取り作業の教示と再現を試みた。

2. ハイブリッド制御ロボットへの適用

2.1 ハイブリッド制御のための動作教示と再現

ハイブリッド制御ではロボットに位置と力の情報を教示する必要がある。ここでは24年度に開発した教示装置を利用した。このバリ取りロボットへの教示と再現

の例を図1に示す。教示時にテーブルとベースを分離後、教示者はロボットのハンドルを持ち、普段行うバリ取り作業と同様な加工対象をなぞる動作を行う。この結果、工具先端 T_P の軌道①を取得し、更にこの軌道の情報を軌道②として再利用する方法を既に報告した^{2)~4)}。本手法では、軌道と同期して6軸力覚センサにより工具を押し付ける力(作業負荷) F_T も取得する(図1(b))。更にこの情報を利用してロボットで作業を行う図1(c)では、テーブル・ベース間を接続器具で固定し、教示済の軌道②(=①)を再現させるとともに、工具が加工対象を過剰に切削しないよう押し付け力 F_T' を調整する。

2.2 バリ取りロボットにおけるハイブリッド制御法

ロボットによるバリ取り作業へハイブリッド制御を適用するため、図2に示すように教示装置とバリ取りユニット(モータ・主軸・回転砥石)を装着したロボットを用意した。更に、この図2中の砥石で図1の様に加工対象をなぞり、バリ取りの軌道と作業負荷の情報を取得する。

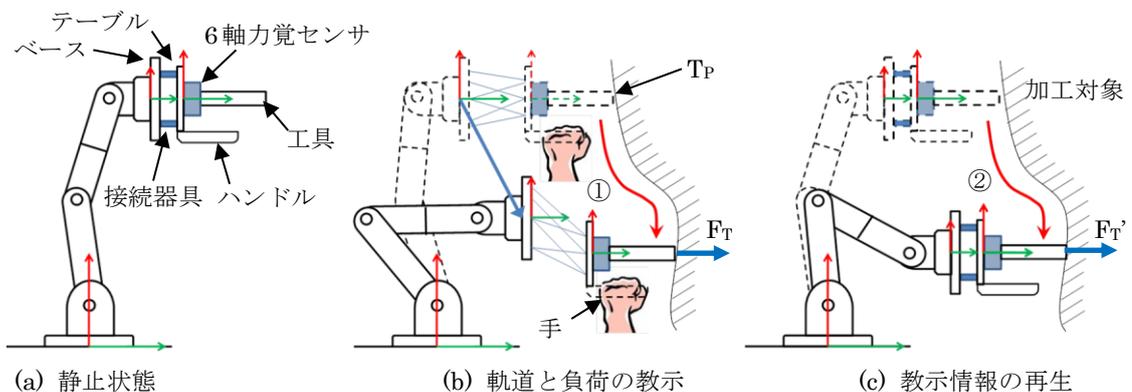


図1 ハイブリッド制御用教示装置を利用したロボットへの位置・力同時教示の作業手順

*¹ 産業技術センター 自動車・機械技術室

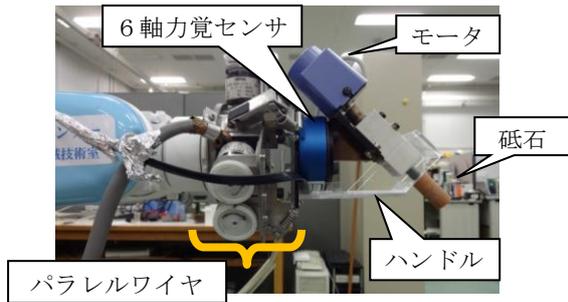


図2 教示装置を搭載したロボット(教示装置部拡大)

次に、取得した情報を元に、位置制御と力制御の分担を調整する機能について説明する。図3は加工対象とロボット・砥石の位置関係を示したものである。バリ取り作業では工具の進行方向は、指示された位置情報に従えばよいが、加工対象へ砥石を押し付ける方向については取得した位置情報より深く削ることは砥石の破損につながる。そのため、進行方向および砥石の回転軸と直行する方向で、砥石の押し付けの方向を加工対象が存在する方向と判断する。

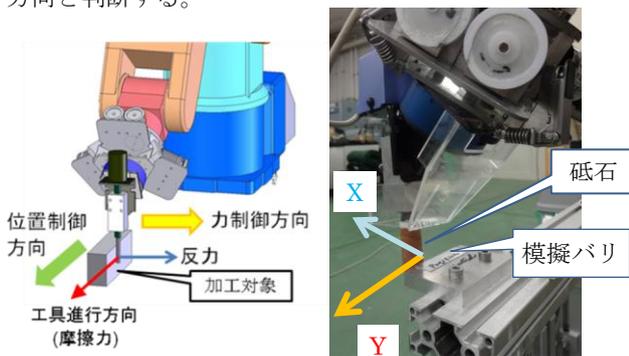


図3 バリ取り工具の進行方向と力制御の方向

3. ロボットによるバリ取り作業

本教示装置を利用したバリ取り作業の教示・再現の確認のため、模擬のバリ取り加工の試験を実施した。この試料を図4に示す。試験は厚さ10mmのアルミ板を基材とし、この基材上面に模擬バリとして厚さ0.5mm、全長40mmのアルミ板(図4中の黒いアルミ板)を基材側面から1.0mm突出した状態で固定した。教示は模擬バリの無い基材に砥石を押しつけ、およそ7秒かけて基材の加工範囲40mmを1回なぞることで終了した。その後基材

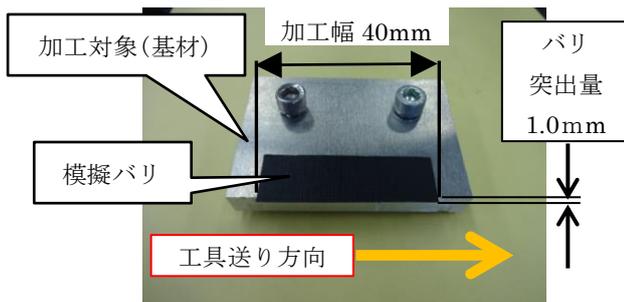


図4 バリ取り加工試験試料

に模擬バリを取り付けて実施した。

この教示情報を利用してバリ取りをした結果を図5に、加工中の位置編差(指令値と実位置の差)を図6に示す。図5より1.0mmのバリ突出量を、砥石による研磨で平均0.23mm、最大0.45mmまで除去することが可能であった。この加工の進行に伴い、バリ加工残りの量が增大する原因として、図6から加工の進行とともに、工具進行方向(Y)への位置編差 dy が発生し、同時に力制御の方向(X)に振動が発生(特に5~9secで)した。このX方向成分の振動的な位置偏差 dx がバリの加工残りの原因として考えられる。また、この原因として砥石の研削負荷変動に起因する制御系及び機械振動と考えられる。

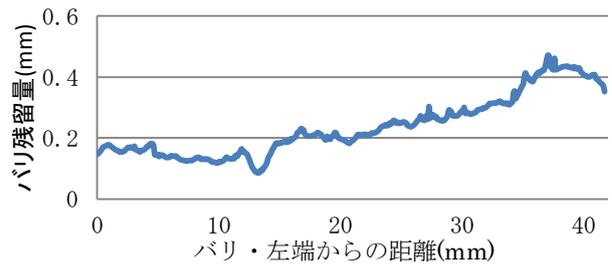


図5 バリの加工残り

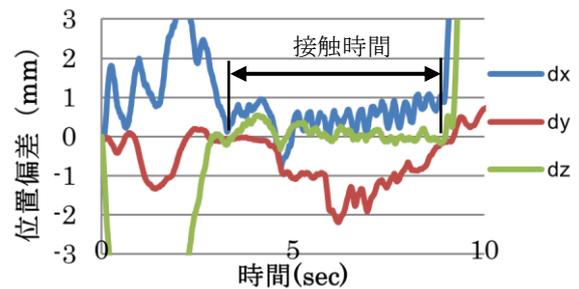


図6 切削中の位置偏差

4. おわりに

バリ取りロボットへのハイブリッド制御を教示から再現まで一括して行うシステムを構築し、これを利用してバリ取り作業が可能であることを確認した。しかし、現状では装置の振動等により、加工の誤差が生じるため、今後制御法の改善により精度の改善を目指す予定である。

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)