

工作物マニピュレーションによるバリ取り作業の自動化 - 作業環境に基づくロボット動作経路の自動生成 -

金沢大学 三枝史岳, 山内史喜, 浅川直紀, 平尾政利

Automation of Deburring by Manipulating Workpiece
-Automatic Generation of Robot Working Path on the Basis of Environment -

Kanazawa university Fumitake SAEGUSA, Fumiyoshi YAMAUCHI, Naoki ASAKAWA and Masatoshi HIRAO

The study deals with automation of deburring in press working. In this study, workpiece was manipulated by robot and robot control commands to material-handling and deburring simultaneously are automatically generated. Robot control command is generated on the basis of environmental information - position of carry-in / carry-out table, dimension of tool and end effector - and CAD data to realize robot operation suitable for working environment. From the experimental result, the system has abilities to deburring and material-handling by manipulating workpiece are found.

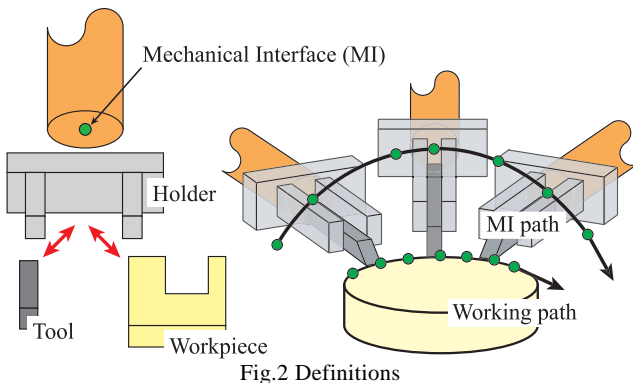
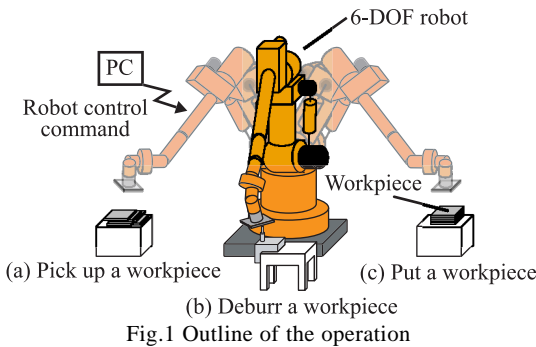
1. はじめに

バリは製品機能に支障をきたすため除去が求められる。現状では除去作業が人の手で行われることが多いため、作業者への負担が非常に大きい。そこで本研究では産業用ロボットを用いて作業を自動化することで作業の効率化と劣悪な作業環境から労働者の解放を試みる。通常、産業用ロボットは工具を取り付けて「加工装置」として用いることが多い。しかし本研究で対象とする作業は図1に示すように工作物の搬入、加工、搬出の3工程に分かれており工作物の移動に外部装置を必要とする。そこで本研究ではロボットを工作物の把持(マニピュレーション)装置として用い、工作物を工具に押し当てて加工すると共にマテハンも行い、かつ作業環境の変化をロボットの動作に反映させるフレキシブルなCAMシステムの開発を目指す。

2. ロボットの教示

通常、ロボットの動作教示は、人が教示コントローラを用いてロボットを操作して位置と姿勢を記憶させる「ティーチング」が使われている。これは作業現場で直接行うものであるため、工作物の形状や搬入形態、作業工程が変化した場合に教示し直す必要があり効率が悪く、更に教示者の経験などに依存して作業精度にバラつきが生じる。そこで本研究ではCADデータを用いてPC上で動作経路を自動生成する。

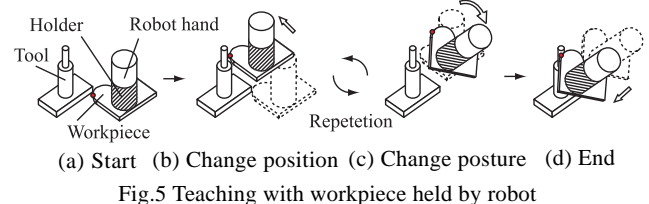
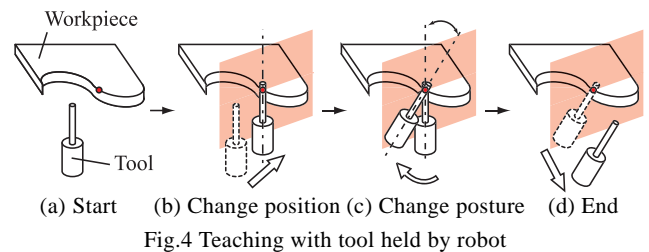
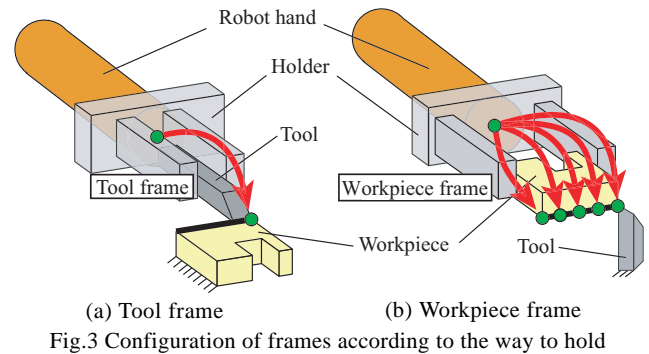
3. 定義



本研究における定義を図2に示す。本研究ではロボットハンドの位置決めに必要な位置と姿勢の2つの情報をまとめて「フレーム」と呼ぶ。また、ロボットハンド先端部をメカニカルインターフェース(以下MI)、ロボットの動作経路となるMIフレームの順序集合をMI経路、工作物上に生成される工作物フレームの順序集合を加工経路と呼ぶ。

4. 工作物把持における問題点

ロボットを加工装置として用いた場合、ロボット制御装置のツール座標系設定機能を使うことができるため、工具を基準に動かせるようになり、ティーチングなどが簡単に行える。これは図3(a)に示すようにMIフレームと工具フレームとの関係が相対的に固定されているからである。これに対して工作物把持では、図3(b)に示すようにMIフレームと工作物フレームとの相対関係が加工対象点毎に異なる。そのためツール座標系設定機能を利用できず、ティーチングなどが困難となる。これらの違いについて、曲線形状を持つ鋼板のバリ取りを例にして説明する。図4に工具把持の場合を、図5に工作物把持の場合をそれぞれ示す。なおバリの除去は回転工具を用いて接触角度45



度で行うものとする。

図4ではツール座標系を設定できるため、工具先端の位置と独立して工具姿勢を変更できる。そのため教示操作としては a) 初期状態 b) 工具位置の変更 c) 工具姿勢の変更(このとき工具の位置は変わらない) d) 記憶して終了、で済み、接触角度の調整も容易である。

図5の方法ではツール座標系を設定できないため、把持した工作物の姿勢を変化させると加工対象点の位置も変化してしまう。そのため教示操作としては a) 初期状態 b) 工作物位置の変更 c) 工作物姿勢の変更(このとき加工対象点の位置が変わってしまう) d) 記憶して終了、となる。この方法は調整のために b) と c) を複数回繰り返す必要があるため図4の方法と比べて手間がかかる。本研究では「特徴モデル」という概念を導入することで、この問題を解決する MI 経路の自動生成を試みる。

5. 特徴モデル

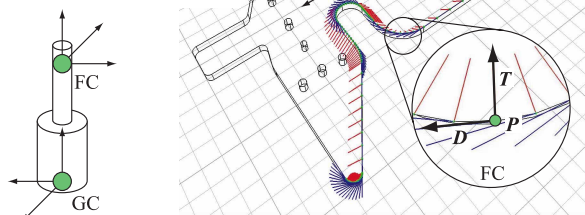
本研究における特徴モデルとは、作業に関連する物体に特徴点を設定してデータ化する考え方である。特徴点には、物体の座標系原点におけるフレームを表す「幾何学的特徴(以下 GC)」と、その物体が持つ機能をフレームで表す「機能的特徴(以下 FC)」の2種類が存在する。本研究における工具と工作物に対する特徴点設定の例を図6(a)(b)にそれぞれ示す。

図6(a)に示すような回転工具における FC は加工能力がある部分に1点だけ生成される。また図6(b)に示すような工作物における FC は加工される部分に複数点設定される。この特徴モデルを用いて物体を記述することで物体をモジュール化することができ、作業途中で工具や工作物の種類などが変更された場合でも変更された物体の特徴データに差し替えるだけで新しい環境下で動作する MI 経路を生成することができる。MI 経路は工作物の CAD データを加工経路生成プログラムに入力することで得られる加工経路とテーブル、工具、ホルダなどのフレームから得られる環境情報を MI 経路生成プログラムに入力することで生成される。

6. 加工経路の生成

加工経路は工作物 FC の順序集合で構成され、工作物の加工部分における FC は、位置ベクトル P 、姿勢情報を表す2つのベクトル、すなわち加工の向きを表すベクトル D と工具の主分力方向を表すベクトル T の3つで構成される。本研究では図6(b)に示すようなプログラムを用いて CAD データから加工経路を

P : Position vector
 D : Tool direction vector
 T : Tool vector
 GC: Geometrical characteristic
 FC: Functional characteristic



(a) Tool characteristics (b) Workpiece characteristics
 Fig.6 Tool characteristics and generation of workpiece path

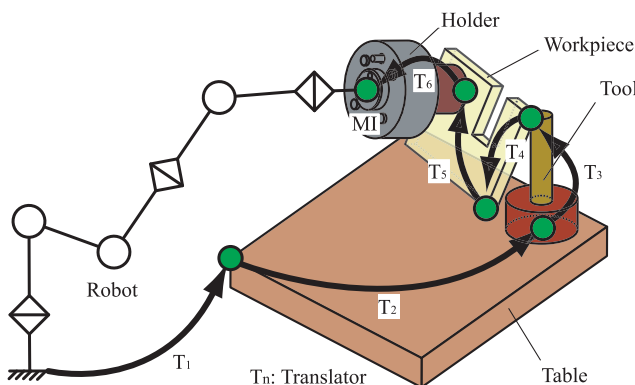


Fig.7 Coordinate transformation

生成する。

7. MI 経路の生成

ロボットが工作物把持による加工を行っている場合、テーブル、工具、工作物、ホルダは図7のような状態になっている。そのため、ある点を加工する時の MI フレームは、各物体の GC, FC 間の差分を求め、図7の T_1, T_2, T_3, \dots などにより座標変換することで求めることができる。これを全加工対象点分行うことで、通常は生成が困難な工作物把持加工を行うための MI 経路を生成できる。

8. 実験

本システムで作成した図8に示すような MI 経路で実際に作業ができるか検証するため、実験を行った。実験の様子を図9に示す。対象となる工作物は図10に示すような熱間圧延鋼板 130mm x 200mm x 4.5mm であり、搬入台に32枚設置した。本実験で行った作業は搬入台に設置された工作物の搬入作業と、回転工具を用いて鋼板のエッジを接触角度45度でバリ取りする作業、そして搬出台上に工作物を設置する搬出作業の3つである。この作業では搬入、搬出時の工作物の高さが1枚毎に変わる。そのため単一の MI 経路では工作物を搬入、搬出できないが、本システムを用いることで工作物1枚毎の MI 経路を数秒で合計枚数分作成し、加工が可能となった。実験は #140 の 3.0mm 電着ダイヤモンドバーを用いて、工作物送り速度 6.0mm/sec、工具回転数 2500rpm、ダウンカットで行った結果、一連の作業を1枚あたり2分20秒で処理できた。図11に加工中の様子の拡大図を示す。工作物の送りは更に速くできるため1枚あたりの加工時間は今後短縮できると考えられる。

9. 結論

作業環境を加工経路に反映させたフレキシブルな CAM の作成とそれを用いた工作物マニピュレーションによるバリの除去ならびに搬入、搬出作業を行うことができた。

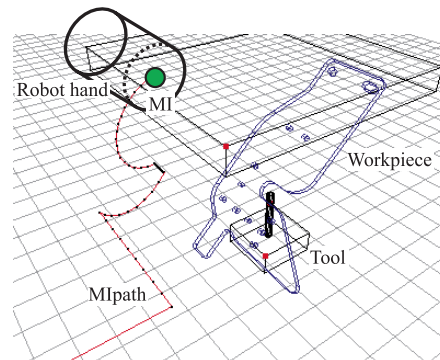


Fig.8 Generated MIpath

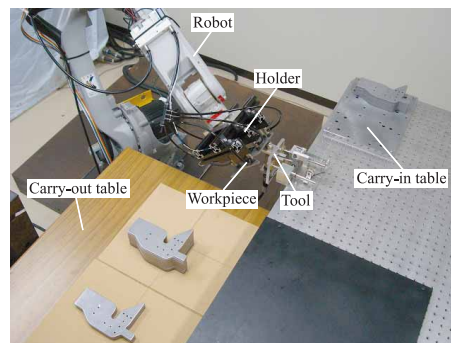


Fig.9 Robot under deburring



Fig.10 Workpiece

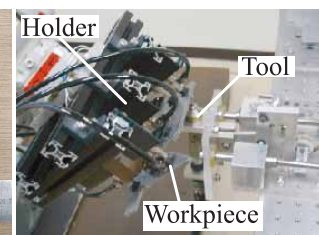


Fig.11 Enlarged view