

# 産業用ロボットを用いたバリ取り作業の自動化 (センサフィードバックによるリアルタイム制御)

金沢大学大学院 山内 史喜 金沢大学 LIM HUNG CHEAK 金沢大学大学院 浅川 直紀, 平尾 政利

Automation of Deburring by Industrial Robot

(Real Time Control using Sensor Feedback)

Kanazawa Univ. Graduate School Fumiyoshi YAMAUCHI Kanazawa Univ. LIM HUNG CHEAK

Kanazawa Univ. Graduate School Naoki ASAKAWA, Masatoshi HIRAO

The study deals with automation of deburring by industrial robot. The study focused on automation of deburring with positioning error. While general, deburring system using industrial robot decreases error using force control, the system uses displacement sensor to measure trajectory error. From the experimental result, the system is found to have an ability to deburr complex shape sand core.

## 1. はじめに

バリの除去は基本的には切削加工であり、本来位置決め制御による加工を行うべきであるが、工作物の個体差や位置決め誤差のために、従来のシステムにおいては、力制御によってそれらの誤差を吸収し、加工を行う方法が一般的に採られている。しかし、この方法では、加工条件が変わるごとに基礎データを取り直す必要があり、生産性向上の妨げとなるため実用的であるといえない。そこで本研究では変位センサを用いることにより、バリの位置を検出しその部分のみを加工するという自動化システムの構築を目的とする。加工対象は、図1のような砂型中子の型合わせ面に発生するバリとする。

## 2. システム構成

本研究におけるシステム構成を図2、システムの概要を図3に示す。工作物の加工経路はカメラで取得した工作物の形状から生成する。メインプロセッサで画像処理によ

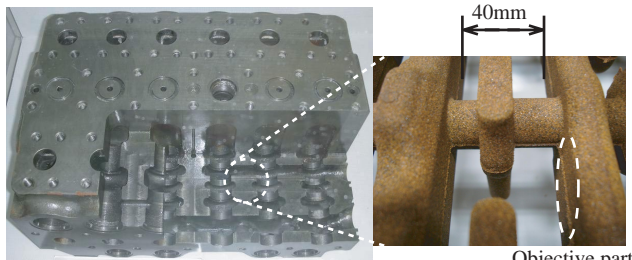


Fig.1 Workpiece

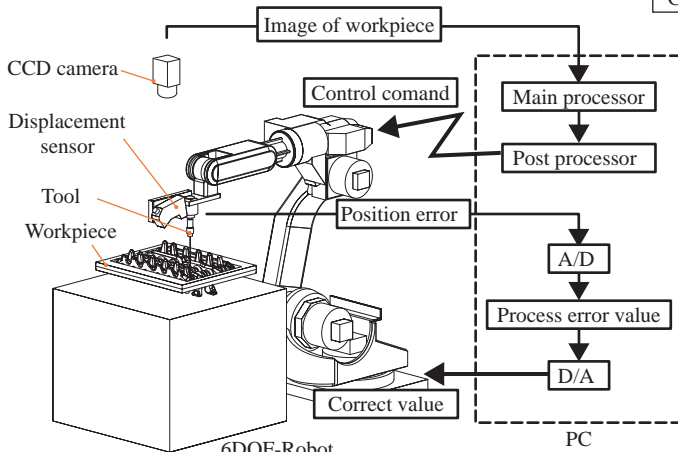


Fig.2 Configuration of the system

て工作物の輪郭データを取得、加工経路を生成し、ポストプロセッサでロボット動作プログラムの生成を行う。工作物をテーブルに固定し、ロボットに変位センサ、回転工具を取り付けて加工を行う。加工中に変位センサで、工具経路とバリの位置との誤差を測定する。測定した値を逐次ロボットコントローラに送信し、動的に経路を修正しながら加工を行う。ロボットは垂直多関節型6軸ロボット(HP-6, (株)安川電機), カメラは高感度カラーCCDカメラ(WAT-231S, (株)WATEC), レンズ(H1214FICS-3)を使用する。

**2.1 バリ取り工具** 工作物が高さ方向に複雑な形状をしているため、加工中にロボットと工作物が干渉してしまう恐れがある。そこでバリ取り工具にはエアモータにエンドミルを模した専用工具(直径3mm, 長さ150mm)を取り付けて使用する。モータの回転数は2000rpmで使用する。

**2.2 変位センサ** 工具経路とバリの位置の誤差を測定するセンサには、2次元レーザ変位センサ(LJ-G200, (株)キーエンス, 基準距離200mm, 測定範囲: 高さ方向 $\pm 48$ mm, 幅方向51mm ~ 73mm)を使用する。本センサは、線状のレーザ光を当てることにより対象物の表面形状の変位量を2次的に測定する。

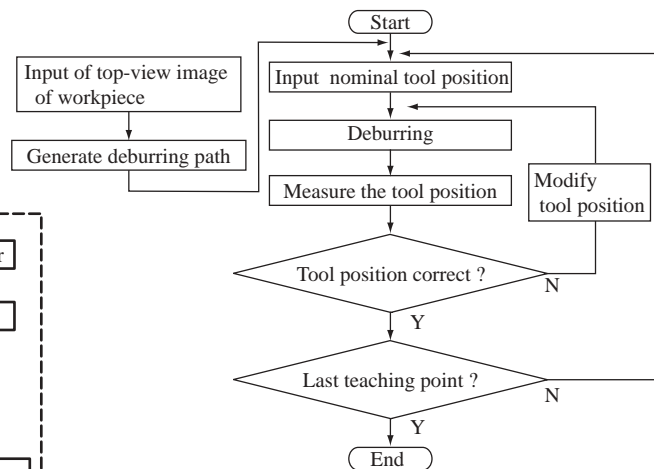


Fig.3 Outline of the system

4. 画像処理による経路生成

本システムではセンサで経路を補正するため、基準経路の許容誤差は大きくても構わない。そこで、画像処理により製品形状のデータを取得し、それより動作経路のデータ生成を行った。以下に手順について述べる。

- (1) カメラから 640 × 480 のカラー画像を取得する。
- (2) 画像の2値化を行う。
- (3) ラベリングを行い、輪郭を抽出する。
- (4) 輪郭を構成する点群データを算出し、工具経路として生成する。

5. センサによる経路補正

5.1 測定原理 センサによる測定原理を、図4に示す。図中の左のような形状の工作物をセンサで上方から測定したとすると、(a)のような断面形状を得る。一方で図中の右のようにバリの付いた工作物を測定すると、(b)の断面形状を得られ、バリ近傍の工作物表面の座標が分かる。次に工具経路とバリの位置の誤差検出の方法を図5に示す。工作物の断面形状を得て、プロフィール中心から工作物とバリの境界の距離を算出する。その位置を工具位置とすることでバリのみを除去できる。

5.2 経路の補正 センサで補正を行った場合の経路の様子を図6に示す。基準経路と実際の工作物に誤差がある場合、ロボットの動作開始と同時にセンサで工作物の断面形状を取得し、現在の工具位置と加工対象位置の誤差を算出する。補正する方向はツール座標系を基準に設定しており、図6の場合、算出した誤差分がx方向に補正される。ロボットコントローラのサンプリング周期である2msecご

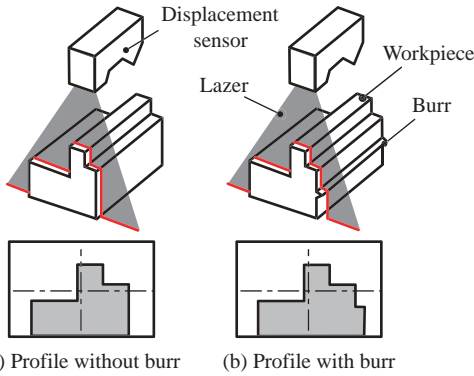


Fig.4 Detection of workpiece profile

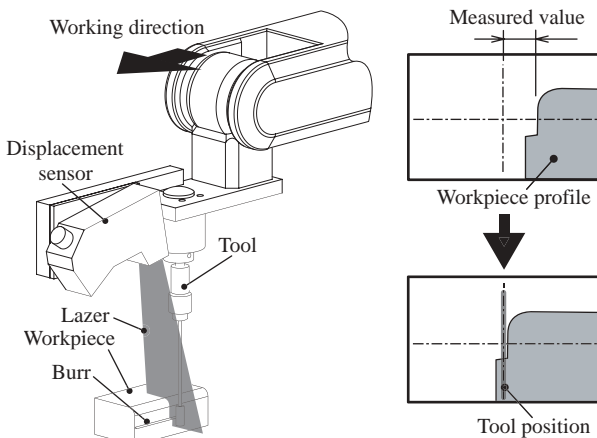


Fig.5 Detection of deburring position

とにセンサからの補正量を工具経路にフィードバックし、工具経路は破線のような軌跡で動作する。

6. 実験

以上のシステムによりバリ取り実験を行った。対象とする加工経路は図7に示すような直線経路であり、工作物は教示経路に対して傾けて設置した。実験結果を図8に示す。センサで補正を行わない場合、誤差は徐々に増加しているが、補正を行った場合、誤差は0.7mmほどに抑えられ、工作物形状に追従していることが分かる。

7. おわりに

産業用ロボット、2次元変位センサを用いて、リアルタイムに加工経路の誤差を補正するシステムを開発した。また、開発したシステムを用いてのバリ取り実験で、加工経路の誤差を補正しながら加工を行い、システムの有効性を確認できた。

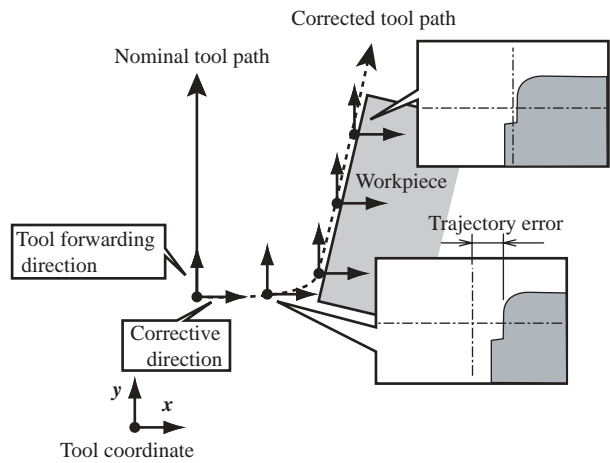


Fig.6 Correction of tool path using sensor

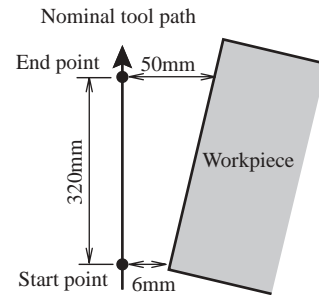


Fig.7 Experimental condition

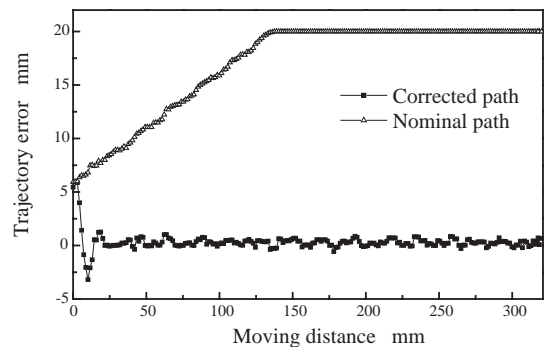


Fig.8 Effect of feedback control