

課題情報シート

テ ー マ	多関節ロボットを活用したバリ取りシステムの開発		
大 学 校	北陸職業能力開発大学校		
ホームページ	http://www3.jeed.or.jp/toyama/college/		
電 話 番 号	0765-24-2205（学務課）		
訓 練 課 程	応用課程	訓 練 科	生産機械システム技術科 生産電気システム技術科 生産電子情報システム技術科
担当指導員	村田 暁 片山 信介 池辺 真		

開 発（制 作）年 度 ・ 期 間

2017 年度 ・ 10 カ月

（内訳） 設計：4 か月、加工：2 か月、組立・配線：2 か月、検査・調整：2 か月
 ロボットプログラミング：4 か月、画像処理プログラミング：6 か月、
 ネットワーク通信プログラミング：6 か月

開 発（制 作）学 生 数

15 名

（内訳） 生産機械システム技術科：6 名、生産電気システム技術科：4 名、生産電子情報システム技術科：5 名

習 得 し た 技 能 ・ 技 術

開発過程において、まず学生は本システムの開発依頼元企業を訪問しました。そこで、積極的に依頼内容を聴き、質問し、意見を出しました。その前段階として、多忙な企業の方に時間を取ってもらうということを意識し、無駄のない訪問をするために事前に主題（テーマ）を研究し、質問や自分たちの意見を十分に集約し、会議に臨みました。この時点で、学生たちはコミュニケーションをしっかりと取り始めました。したがって、以降の課題が進むにつれて発生する問題点を早期に話し合いで解決する方策を得ました。開発課題の時間の始まりの会議（ミーティング）ではその日の予定を全員で確認し合い、終わりの会議（ミーティング）ではその日の成果を提示し合うなど、進捗管理もきちんとしていました。結果、学生のヒューマンスキルは、予想以上に向上しました。

他方、多関節ロボットによるバリ取りは、当該企業のロボット講習に参加したこともあり、順調に進みました。被削材（バリを取るべき母材）を固定するバイス、交換する工具を固定するツールステーション、加工用モータとスピンドル、カメラと照明などを固定する先端ユニットの開発・設計・製作を行いました。ロボット言語でロボットを制御し、パソコンからその動作を管理・監視し、写真を撮ってバリの状態を確認するシステムも構築しました。そのため、ネットワークプログラミングや画像処理技術も身に付けることができました。

開発（制作）のポイント

本開発では、多関節ロボットの優位性を十分に活かしたシステムが出来上がったと自負しています。その優位性は、ロボットの汎用性にあり、先端ユニットを目的に合わせて交換すれば容易に目的を達成できることにあります。先端ユニットは、①バリ取り加工、②切粉除去、③Z軸測定、④カメラ撮影の4機能を持った装置です。この4機能を一台のロボットで熟せることがまさに多関節ロボットの優位性を発揮した結果だと言えます。

学生たちも自分たちの専門分野を極めながら、他科の知識を吸収しました。それは、自分たちの専門分野だけでは製品は成り立たない、開発を進められないことを理解したからです。

訓練（指導）のポイント

当校の開発課題では、進捗管理や学生のプレゼンテーションスキルの向上などを主な目的として、各種発表会などを下記の通り実施しています。

- ・テーマ発表会（5月）：開発テーマと目標及び全体計画を明確にする
- ・基本設計説明会（7月）：開発仕様と基本設計を明確にする
- ・進捗報告会1（9月）：進捗状況の確認や問題点をチェックする
- ・進捗報告会2（11月）：開発現場で進捗状況の確認や問題点をチェックする
- ・動作確認会（12月）：動作や完了発表会までの仕上がり像を確認する
- ・完了発表会（2月）：経過報告及び完成システムの提示・評価をする

開発物の仕様

項目	内容
寸法[mm]	1200x1500x2000
重量[kg]	350
使用工具	弾性シャフト付砥石など
最小認識バリサイズ[μm]	50x50
被削材	A6063 角パイプ 40x40x40 t3

使用機器

開発において使用した機器等（機器名・メーカー・型番）

半自動フライス盤（牧野フライス製作所・KE-55）、レーザ加工機（コマツNTC・TLV404VT20M）、輪郭形状測定器（ミットヨ・CV-1000N2）、グラフィックボード（NVIDIA GTX 650搭載）、統合プログラム開発環境（Visual Studio® Professional 2012）、画像処理ライブラリ（OpenCV 3.3.0）、GPUプログラム開発ツール（NVIDIA® CUDA Toolkit 9.0）、シミュレーションソフトウェア（scilab 5.5.2）

参考文献

北嶋弘一（2014年）『バリ取り・エッジ仕上げ大全』日刊工業新聞社.
宮谷 孝（2011）『絵とき「バリ取り・エッジ仕上げ」基礎のきそ』日刊工業新聞社.
OpenCV ホームページ (https://opencv.org)
Scilab ホームページ (https://www.scilab.org)
NVIDIA ホームページ (https://www.nvidia.com/ja-jp/)

多関節ロボットを活用したバリ取りシステムの開発

生産機械システム技術科
生産電気システム技術科
生産電子情報システム技術科
指導教員

村田暁，片山信介，池辺真

1. はじめに

昨今，様々な分野で産業用ロボットの導入が拡大している．なかでも多関節ロボットは汎用性の高さから多くの企業が生産現場への導入に取り組んでいる．

年度当初に企業より本校へ「多関節ロボットを活用して切断面に発生したバリを除去するシステム」というテーマ提案があり，多関節ロボットを用いたバリ取りシステムの開発を行う運びとなった．開発の目的はバリ取り性能を向上させることである．バリ取り加工（以下，加工）面を規格内に収まったかを確認するために検査を行う．最終的に研究結果を企業側へ情報提供する．

2. 概要

被削材は企業よりアルミフレームの切断面に発生したバリを提案され，選定に至った．企業から多関節ロボットと専用コントローラ及び付帯オプションが貸与された．システムは「ロボット」「筐体」「先端ユニット」

「UI(User Interface) 以下，UI」の 4 構成である．このシステムを活用することによって，切断面のバリ取りを人が行うよりも早く正確に行い，バリ取りの良否を自動で検査できる．図 1 にシステム全体を示す．

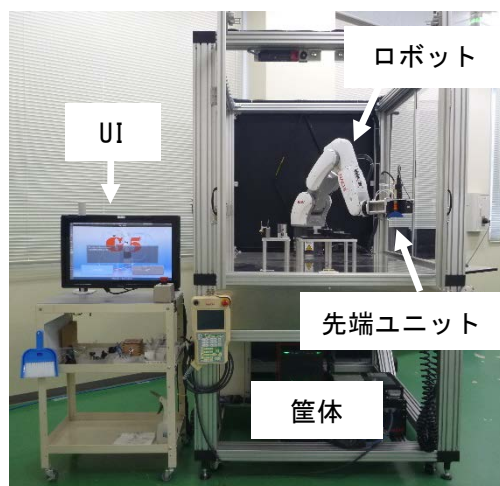


図 1 システム全体

3. 仕様

基本的な仕様を表 1 に示す．

表 1 基本仕様

全体	寸法 [mm]	1200x1500x2000
	重量 [kg]	350
電源	電圧 [V]	三相 200 単相 100
スピンドル	機能	自動工具交換
	コレット径	φ3
	使用工具	弾性シャフト付 砥石など
モータ	種類	電動式モータ
	回転数 [min^{-1}]	5000～30000
カメラ	最小認識バリ サイズ [μm]	50x50
	撮影距離 [mm]	155
被削材	材質	アルミ (A6063)
	寸法 [mm]	40x40x40

4. 構造

4. 1. 多関節ロボット

今回使用する垂直型 6 軸多関節ロボットは外観の美しさを重視してシンメトリックな形態とし，ロボット用配線及びアプリケーション用配線，配管は全てアーム内に内蔵され，コンパクトな設置面で広い動作範囲を実現している．そして汎用性が高く，先端ユニットを交換するだけで目的に応じた作業を行うことができる．ロボットの制御は専用コントローラで行い，ロボットの設定，段取りは専用のティーチペンダントを使用する．専用コントローラには画面カスタマイズ機能や FDonDesk（シミュレーションソフト）などの機能が搭載されている．専用のティーチペンダントは 640×480 画素の表示画面で，視覚センサのカメラ画面を表示できるほか，画面をカスタマイズして独自の操作パネルとしても使用でき，タッチパネル操作も可能である．

4. 2. 筐体

筐体は、加工中の振動を抑制するように設計製作を行った。筐体はトップ、ミドル、ボトムに分かれておりトップはバリ取り加工エリアとし安全センサ類を取り付けた。ミドルは各種配線配管、モータコントローラ及び照明コントローラの収納を行う。ボトムは PC, 専用コントローラ、電源制御盤の収納を行う。また、筐体の移動を行なうため、アジャスタ付きキャスタを取り付けた。図 2 に筐体の全体図を示す。

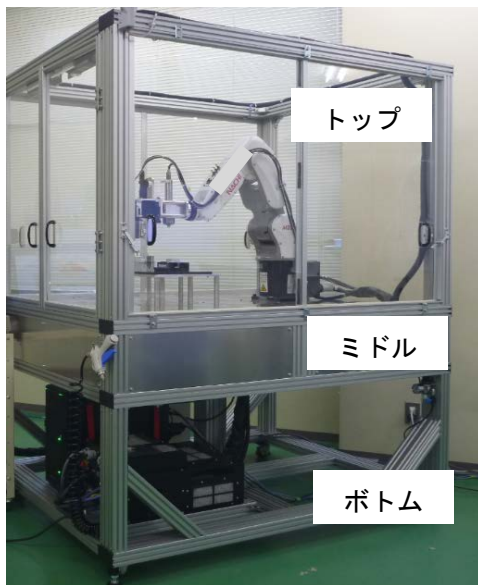


図 2 筐体全体図

4. 3. 配線

配線作業は専用コントローラやモータ、照明コントローラに電源を供給する分電盤の製作、モータや安全センサなどを制御する制御回路の配線を行った。

分電盤は三相 200V, AC100V, DC24V を供給するために設置した。三相 200V は専用コントローラへ、AC100V は PC, モータコントローラ、照明コントローラへ、DC24V は積層表示灯やセンサなどの制御回路へ電源供給を行っている。また、筐体トップに設置した積層表示灯や安全センサなどの配線は電線をアルミフレーム上に這わせケーブルクランプによって配線を束ね、ホックチューブを用いることで配線の美化と粉塵対策を行っている。

4. 4. ツールステーション

本システムのツールステーションはツール収納部とツール保持確認部とした。ツール収納部は加工パターンに合わせて複数のツールを使用できるように最大 9 本のツールを収納できる設計とした。保持確認部はスピンドルがツールを保持したことを確認するため光電センサを使用して保持の確認を行う。図 3 にツール収納部、図 4 に保持部を示す。



図 3 ツール収納部



図 4 ツール保持確認部

4. 5. 被削材固定バイス

本システムの被削材固定バイスは複数の寸法の被削材を固定することができ、押さえ側スライドには手動ロック機構を取り付け、人の手で確実に固定する設計とした。また、カメラ検査の撮影範囲は被削材が鮮明に写るように黒色に塗装した。図 5 に固定バイスを示す。



図 5 被削材固定バイス

4. 6. 先端ユニット

ロボットの特長を活かし、複数の作業を行える先端ユニットの設計を目的とし、タッチスイッチによる被削材の高さ検出、回転工具によるバリ取り、エアー噴射による切粉除去、カメラによるバリ取り検査用の撮影機能を持った先端ユニットを製作した。図 6 に先端ユニットを示す。

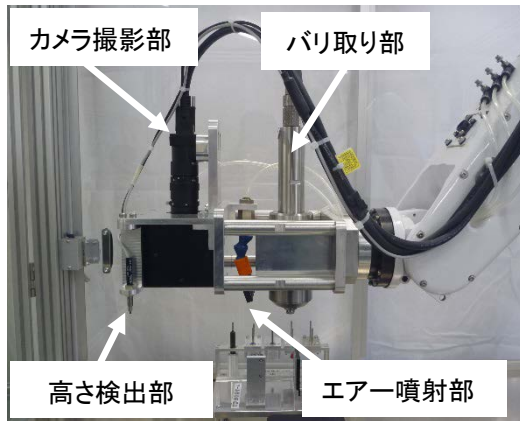


図 6 先端ユニット

高さ検出部では接触式タッチスイッチを使用した。被削材の四隅にタッチスイッチを接触させ、角隅の高さを測定する。測定した値を元に専用コントローラで補正し動作に反映することでばらつきのある被削材の高さ寸法の誤差を補正し、また撮影時のピント合わせも行う。

バリ取り部は、複数の工具を使用するため ATC スピンドルモータを取り付け工具の交換を自動化した。また、切削条件に合わせて工具の回転数を変化させることができる。

エアー噴射部は加工中にバリ取り検査用カメラへの切粉付着防止と、加工後被削材に付着した切粉除去の 2 つの噴射箇所に分かれている。

カメラ撮影部はバリ取り加工後に加工面全体を必要枚数に分けて撮影し画像検査を行う。加工後に撮影した画像を図 7、画像検査後の画像を図 8 に示す。撮影した画像は画像処理システムを使用して分析し、可否の判別を行う。被削材にバリが残っていた場合はバリ部分を赤く着色し UI に表示し、残ったバリの数、位置、大きさを PC に記録する。

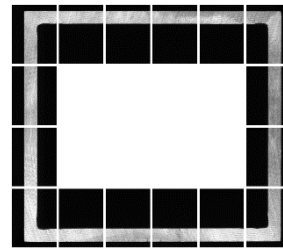


図 7 撮影画像

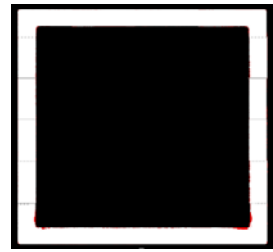


図 8 検査画像

4. 7. プログラム

本システムの動作は専用コントローラにロボット言語、ラダー言語、SLIM 言語の 3 種類の言語を使用し制御している。ロボット言語はロボット動作、モータ、エアーなどの制御を行ないラダー言語は表示灯、扉のロックや非常停止などの安全システムの制御を行う。Slim 言語は PC とロボットの通信に用いられており、ロボットの状態や安全システムの状態を UI に表示することができる。図 9 にプログラム画面を示す。

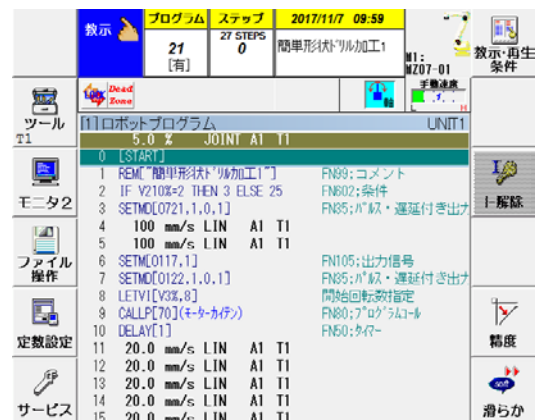


図 9 プログラム画面

4. 8. UI

システムの作業工程や検査結果をタッチパネル付きディスプレイに表示し視覚化することでモニタリングを可能とする。画面構成は初期設定、準備、加工表示、検査表示、非常停止、異常停止とした。

初期設定画面は専用コントローラとの接続を行う。これによりロボットの動作や安全システムの状態をリアルタイムで UI に反映することができる。

準備画面はバリ取り加工に必要なシステムの設定を行う。安全面を考慮し、全ての扉が閉まっている状態でなければ加工することはできない。

加工表示画面はロボットが保持しているツールの情報や現在行っている動作の進行状況が表示される。

検査表示画面は撮影画像、画像処理動作の情報や検査結果の情報が表示される。現在の撮影箇所を画面中央でリアルタイム表示する。

5. バリ取り加工

リーディングドリル、金型ブラシ、セラミックブラシ、弾性シャフト付き砥石（以下 砥石）の4種類の工具で試削を行った。

リーディングドリルでの加工は切削力が大きいため確実にバリを取ることを期待した。しかしロボットの特性から加工後の加工面の凹凸が目立ち被削材の寸法誤差に対する位置制御が困難であることが分かり、本システムでの加工には適さないと判断した。金型ブラシは形状の異なる3本を試し、隅部の加工に使用したが、エッジ部以外の面にキズが発生した。セラミックブラシは加工面を磨き上げる程度しかできずバリ取りはできなかった。砥石はブラシ類よりも切削力があり、加工後の加工面の凹凸も少なくシャフトのしなりを利用した加工方法であるため被削材の誤差に対応できることが分かった。また、隅部の加工には、砥石の先端を専用やすりで円錐形状にした砥石を使用し加工することができた。

以上の試削結果から本システムでのバリ取り工具は砥石とした。図10に加工の様子を示す。

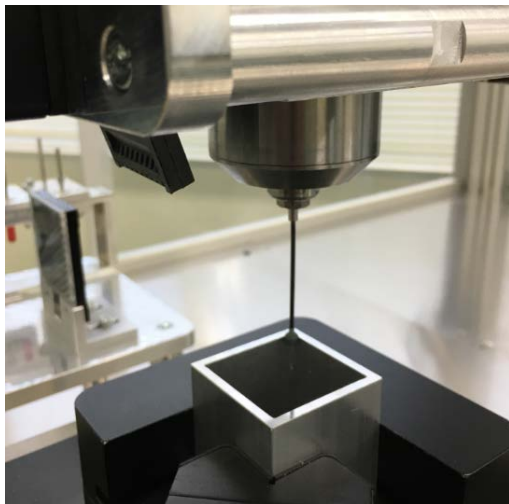


図10 加工の様子

6. 加工評価

本システムの加工評価を表2に示す。

表2 評価結果

サンプル数[個]	50
サイクルタイム[秒]	301
加工合格個数[個]※	39
加工合格率[%]	78
カメラ検査合格個数[個]	36
カメラ検査合格率[%]	72

※加工合格基準は目視、触診検査の合格かつ、
全面取り寸法許容内 C0.05~0.45mm
(JIS規格-B-0721A~C級相当)

6. 1. 評価に対する考察

加工合格率は78%で目標の100%を大きく下回る結果となった。不合格となった被削材は全て削り残しが原因であった。今回、加工には弾性シャフト付き砥石を使用した。硬いバリや大きなバリを加工することができなかった。開発の目的にあるバリ取り性能の向上にはまだ時間が掛かると言える。

7. まとめ

本開発では多関節ロボットを活用したバリ取りシステムを通してロボットの操作、機能を学ぶところから始め、複数の工具を研究し、加工・評価を行った。ロボット及び工具の特性を研究していくなかで企業側へ提供する本システムのバリ取りデータを蓄積することができた。

筐体を製作し、ロボット据付、テスト加工までは順調に作業が進んだが、規格内にバリ取り加工精度を収めるのが難しく、ロボット制御プログラムの作成及び加工工具の選定に時間を要し、各部品の追加工など細かい予定のズレが重なりバリ取り研究を始めてからは予定通りに作業が進まなかった。その結果、最適な加工工具、加工条件の追及までは至らなかった。

今注目されている産業用ロボットを活用してバリ取りシステムの開発を行えたことは、私たちにとって貴重な経験となった。そして来年度から始まる生産ロボットシステムコースへ多くの情報を残すことができた。