

ロボットを用いた製造業における人作業の負荷低減手法の開発（第2報）

塚原誠也*、佐藤丈士*

Study on the edging system of kitchen knife (II)

TSUKAHARA Seiya* and SATO Joji*

本研究では、人作業による包丁の粗刃付け研磨動作をロボットシステムで再現する手法を検討する。前年度から、粗刃付け研磨動作の自動化に向けて、ロボットシステムの検討を行ってきた。本年度は、粗刃付けロボットシステムを構築し、刃物固定ツールの製作を行った。また、ロボットによる研磨加工力の計測を行ったので報告する。

1 はじめに

近年の刃物業界においては、少子高齢化に伴う熟練作業者の高齢化、労働力人口の減少に伴う職人の減少等の影響から、内製化・自動化のニーズはますます高まっている。さらに、顧客の様々な要望に応じた多品種少量の製品を効率的かつ安定、低コストで生産しなければならない。このような状況から、企業においては熟練作業の自動化や作業者1人が複数の工程をこなせる多能工化のため、より踏込んだ作業負荷低減を図る必要がある。そこで本年度は、粗刃付けロボットシステムを構築し、刃物固定ツールの製作を行った。また、ロボットによる研磨加工力の計測を行ったので報告する。

2 粗刃付けロボットシステム

2.1 粗刃付けロボットシステムの概要

図1に粗刃付けロボットシステムの外観を示す。本システムは架台内部にロボット本体(ファナック(株)製 LRmate200iD/14L)と縦型の研磨装置(TORMEK 製 T-8)が設置されている。

ロボット本体は、6軸の垂直多関節アーム構造となっているため、人の研磨動作を再現することが可能である。また、可搬重量が10kgあり、研磨加工における研削抵抗及び刃物と固定ツールの重量に耐え得る十分な剛性を有している。また、繰り返し精度が $\pm 0.01\text{mm}$ と高精度な位置制御が可能である。なお、研磨装置については、横型の研磨装置やベルトサンダー型研磨装置に交換することができる。

ロボットを用いて研磨作業を行う場合、多くの時間や労力を費やすことなくロボット動作経路を作成する手法が重要となる。本システムにおいては、3次元測定機等から得られた刃物形状データからCADソフト(ダッソーシステムズ社製 SOLIDWORKS)を用いて3Dモデルを作成し、そのCADデータを利用してロボット動作経路を作成できるオフラインプログラミングソフト(RoboDK

社製 RoboDK)を使用する。表1にオフラインプログラミングソフトの主な仕様を示す。本ソフトウェアにより、ティーチングペンダントを用いたロボット動作経路の作成はほぼ不用となり、曲面形状の研磨加工に対応した動作経路を比較的容易に作成することができる。

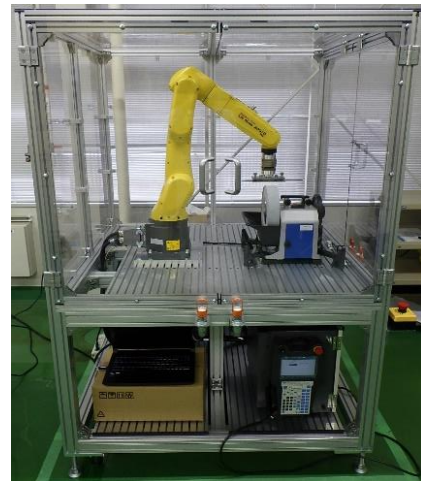


図1 粗刃付けロボットシステムの外観

表1 オフラインプログラミングソフト仕様

メーカー	RoboDK社
型式	RoboDK
データ形式 (座標点群、STL)	○ 可
CADからの インポート	○ 可 (SOLIDWORKS)
点群データでの 経路作成	○ 可
把持ワーク上の 経路指示	○ 可
汎用性	○ 可(複数のロボットに対応)

*機械部

図2に、刃先断面がハマグリ形状²⁾になっている包丁において、刃先近傍で稜線方向にロボット動作経路を作成したときの画面を示す。図2の矢印は、ロボット動作経路上における刃物の法線方向を表している。動作経路は、位置だけでなく法線方向を指定することで、ロボットの姿勢を決めることができる。

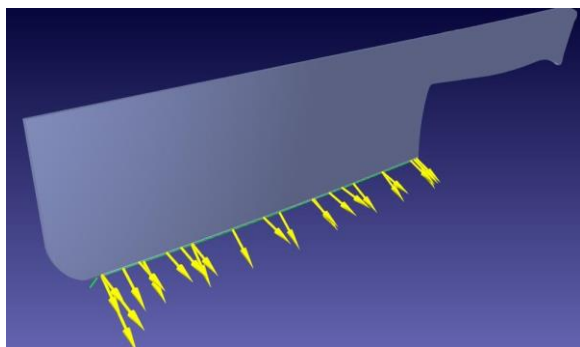


図2 ロボット動作経路の法線

2.2 研磨加工力の計測

ロボットでの研磨加工時に、実際にどの程度の加工負荷が生じるかを計測した。表2に実験条件を示す。6軸垂直多関節ロボット(三菱電機(株)製 RV-3SD)に刃物を把持させ、ティーチングボックスを使用してジョグ動作により砥石上面に刃先を接触させた。実験の様子を図3に示す。試作した固定ツールはバネによる補正ユニットを有した構造となっている。

表2 実験条件

項目	測定条件
ロボット	6軸垂直多関節型
操作方法	ジョグ動作による位置指定
砥石状態	低速(90回転/分)
押付方向	-Z方向(垂直下向き)
計測方法	力覚センサによる荷重計測

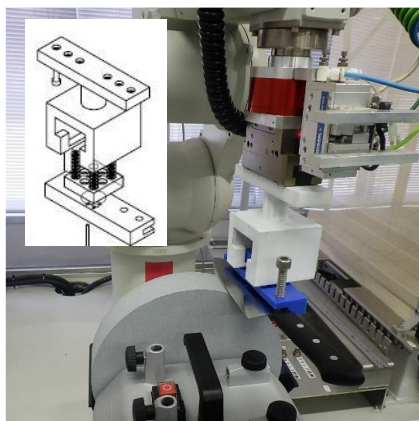


図3 実験の様子

砥石は粒度#220の砥石を使用し、砥石回転速度を90rpmとし、鉛直下向き方向に刃物を押し付けた。なお、荷重計測はロボットフランジ部に6軸力覚センサ((株)ワークテック製 WDF-6A200-4)を取り付けて計測した。表3に実験結果を示す。研磨加工時の荷重は10~20N程度となった。切っ先やあご付近の荷重が中央付近の荷重の半分程になっているのは、2つの位置調整用ばねの間では2つのバネの反力が掛かるが、2つの位置調整用ばねの間から外れると、1つのバネの反力が中心となるため、切っ先やあご付近の荷重が中央付近の荷重の半分程になっていると考えられる。

表3 実験結果

刃物研磨箇所	測定結果
切っ先付近	13.2 N
刃先中央付近	20.2 N
あご付近	11.2 N

2.3 刃物固定ツールの設計および製作

試作した固定ツールの特性上、切っ先やあご付近の研磨でも傾かない構造にする必要があることが分かった。そこで、傾きを抑制し、Z軸方向のみの補正機能を付加させた刃物固定ツールに改善した。図4に刃物固定ツールの構成を示す。

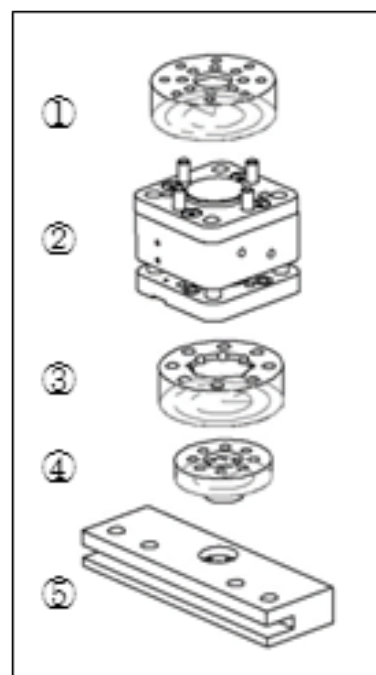


図4 刃物固定ツールの構成

刃物固定ツールは、ロボットフランジ部と接続するロボット接続部(①)、Z 軸方向の補正ユニット(②) (シュリンク・ジャパン(株)AGE-Z 2-050-1)、補正ユニットと刃物固定部をつなぐハンド接続部(③)、ハンドフランジ(④)、刃物固定部(⑤)で構成されている。図 5 に製作した刃物固定ツールの外観を示す。

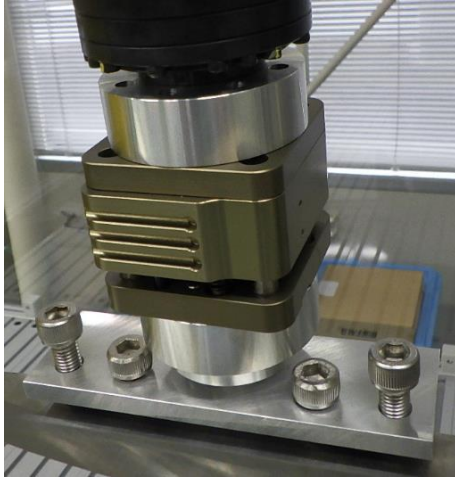


図 5 製作した刃物固定ツール

なお、製作した刃物固定ツールにおいてバネ機構が不要な場合、Z 軸方向の補正ユニットを使用しないで④及び⑤を用いてロボットフランジ部に取り付け、刃物を固定することができるように設計した。今後、研磨加工力を確認するための実験を行う。

3 まとめ

粗刃付けロボットシステムを構築し、研磨加工力を計測した。その結果、刃物研磨時の押付力は10～20N程度であることが分かった。

また、ロボットに刃物を固定するツールを設計・製作した。次年度に、本ツールをロボットに装着し、製作したロボット動作経路を用いて加工実験を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 塚原ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.4, pp1-2,2023
- 2) 市橋ら,岐阜県金属試験場研究報告, pp17-19,1996