

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3報）

塚原誠也*、横山貴広*

Study on the edging system of kitchen knife (Ⅲ)

TSUKAHARA Seiya* and YOKOYAMA Takahiro*

本研究では、人作業による粗刃付け研磨動作をロボットシステムで再現する方法を検討している。本年度は、昨年度に引続き粗刃付け研磨動作の自動化に向けたロボットシステムの構築と、構築したロボットシステムを用いた研磨加工実験を行った。その結果、ロボットシステムの加工条件をもとに、包丁の片面に粗刃付け加工ができたことを確認した。

1 はじめに

近年、刃物業界においては、熟練作業者の高齢化や労働力人口の減少に伴う職人の減少等が進んでいる。刃物企業においては、これらの人手不足の影響から、製造工程の内製化・自動化のニーズはさらに高まっている。加えて、様々な顧客要望に応じた多品種少量製品を効率的かつ安定、低コストで生産することが求められている。この状況下において、刃物企業の熟練作業自動化や作業者1人が複数の工程をこなせる多能工化のため、より踏込んだ自動化・負荷低減を図る必要がある。また、ロボットを活用し、製造工程の自動化に取り組む技術者をロボットシステムインテグレータ（以下、ロボットSIer）と呼び、近年その需要は高まる一方であるが、高度な技術的知見が必要であり、中小企業においてはその人材育成が課題となっている。更にロボットを高度に操作する方法としてオフラインプログラミングが挙げられるが、これは近年注目されているデジタル技術の応用例であり、仮想空間上に現実と同じ三次元空間を構築し、PC上で動作経路等を作成することで、実機を使用せずにロボット教示データの作成や動作シミュレーションを行う方法である。刃物業界においてもロボットSIerやオフラインプログラミング技術を活用するニーズはあるものの、業界として分業の歴史があり小規模事業者が比較的多い現状と、刃付けのような高度に精緻な加工技術を必要とする製造工程への活用事例はあまりない。

以上のような背景から、本研究では、刃物業界におけるロボット導入やデジタル技術の活用に関する技術課題を明確にし、今後進むと思われる刃物業界におけるロボット導入の技術課題について先行して取り組む。図1は産業ロボット導入の流れの一例を示しており、製造工程への産業ロボット導入までは、コア技術の確立、生産システムインテグレーションといった様々な自動化技術の活用が求められる。その中で、本研究では初期段階となるコア技術の確立を目的とし、ロボット技術を活用した

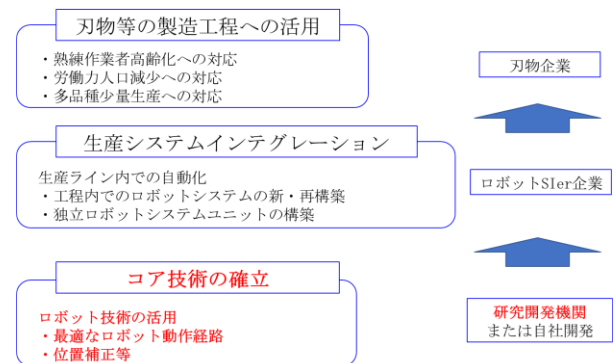


図1 産業ロボット導入の流れの一例

最適なロボット動作経路の作成や加工時の位置補正等を行った。

2 粗刃付けロボットシステム構成

粗刃付けロボットシステム構成を図2に示す。システムは、ロボット本体、架台、砥石、刃物固定ツール、ロボットコントローラ、PC（オフラインプログラミングソフト含む）から構成されている。また、本システム構成の特徴として、実際の刃物形状をもとに教示データをオフラインで作成できることが挙げられる。

2.1 座標と補正について

オフラインプログラミングソフトで作成した教示デー

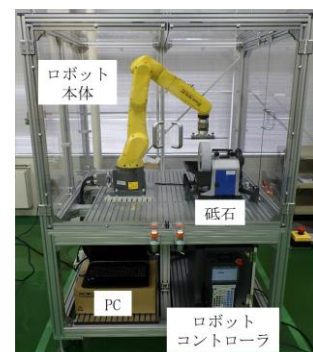


図2 粗刃付けロボットシステム構成

* 機械部

タをもとに実機を動作させると、位置等のずれが生じる。このずれは、加工物や砥石の摩耗により恒常的に発生することが考えられる。そこで、ロボット本体のツール座標とは別に砥石にユーザ座標を設定した。ツール座標とユーザ座標の座標位置を図3に示す。ツール座標はロボット先端にある座標で、ユーザ座標はユーザが任意に設定できる座標である。ユーザ座標を砥石上面上に設定して、位置ずれ等の調整を行うようにした。また、Z軸方向は特に研磨による砥石の摩耗等の影響が大きくなると考えられるため、Z軸補正ユニットにより研磨加工時の砥石上面へ刃先を押しつける研磨動作が常時可能となるようにした¹⁾。ロボット先端にZ軸補正ユニットを装着した様子を図4に示す。補正ユニットにより、荷重40Nで最大8mmの伸縮により、加工中の押付動作が可能になるようにした。

本研究では、刃先の角度が異なる加工において、砥石

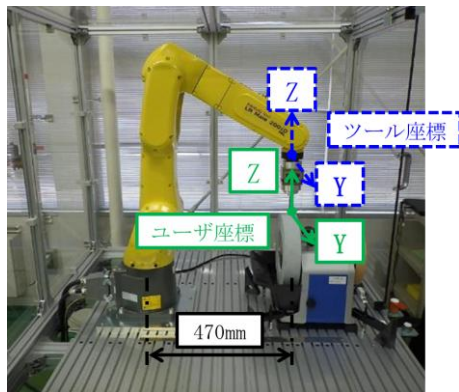


図3 ツール座標とユーザ座標

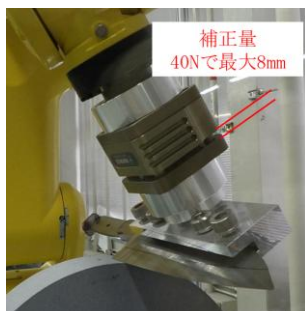


図4 Z軸補正ユニット

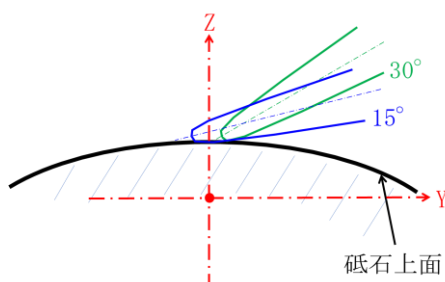


図5 異なる角度における研磨加工の模式図

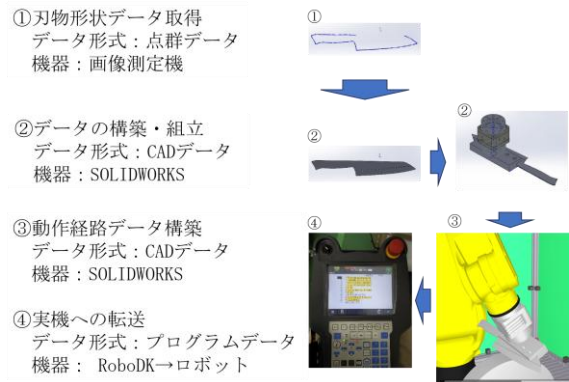


図6 動作経路データ構築の流れ

との接触位置や加工中のロボット速度を調整しながら加工を行うこととした。この位置調整による異なる角度における研磨加工の模式図を図5に示す。ユーザ座標を用いて、砥石との接触位置を調整することで、異なる刃先角度の加工を再現した。

2.2 教示データ作成方法の手順

刃物の形状データ取得から教示データ作成までの、動作経路データ構築の流れを図6に示す。はじめに画像測定機（ミットヨ QVH3-H606PIL-C）を使用して刃物の点群データを取得した。点群データをもとに刃物形状の輪郭データを取得した。次に、取得した輪郭データを使ってCADデータを構築した。CAD上で復元した刃物形状データを刃物固定ツールに取付けた。その後、オフラインプログラミングソフト RoboDK（RoboDK 社 RoboDK）を使用し、ロボット動作経路データを構築した。最後にオフラインプログラミングソフトから教示データを出力し、実機へ転送した。尚、データ修正については、RoboDK 上及び実機上で行った。教示データを抽出・解析・編集することで動作経路修正に活用した。

3 実験と結果及び考察

3.1 実験

研磨加工実験には、芯金がステンレス鋼で側面を機械加工したのみ（粗刃付け前）の一般的な三徳包丁を使用した。研磨加工条件を表1及び表2に示す。本実験においては、異なる角度の粗刃付けを行うために、表1のようにユーザ座標を使い角度毎のY軸座標値を変化させた。また、ロボットの動作速度も加工開始と加工中で変化した。これは、初速度を大きくすると接触時にロボットに過負荷が掛かることを防ぐためである。さらに、15°の加工時動作速度を遅くすることで加工量を増加させることを狙った。表2の研磨機は第1報²⁾で選定した砥石研磨機を使用した。また本研究では、表面粗さ測定機（テーラーホブソン フォームタリサーフ PGI Novus）を使用し、研磨加工面の測定を行った。測定条

表1 ロボットの研磨加工条件

項目	設定等	条件(角度15°)	条件(角度30°)
動作経路	教示データ	プログラム	プログラム
動作速度	加工開始時	5%	5%
	加工時	30%	100%
補正ユニット	Z軸	Max 8mm	Max 8mm
ユーザ座標設定	X軸	470mm	470mm
	Y軸	-10mm	10mm
	Z軸	10mm	13mm

表2 研磨機の研磨加工条件

設定等	条件
研磨方式	水冷式砥石研磨
砥石種類	酸化アルミニウム
砥粒サイズ	#220
回転数	90rpm

表3 表面粗さ測定機の測定条件

項目	設定等	数値等
動作経路	X軸方向	3mm
動作速度		0.2mm/s
測定ピッチ		0.0001mm
スタイラス	半径R	0.002mm

件を表3に示す。表面粗さ測定機を活用し、接触式でかつ細かい測定ピッチによる測定が可能な条件とした。

3.2 結果及び考察

図7に研磨加工した刃物例を示す。図7(a)は刃物全体を示し、加工した刃先を拡大した様子を図7(b)に示す。図7(b)では角度が異なる刃先の研磨痕をそれぞれ確認できた。刃角度が15°と30°になるような教示データ



図7 研磨加工した刃物例

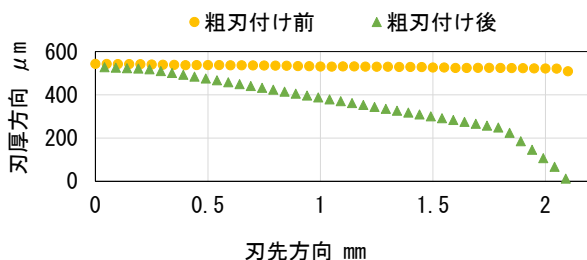
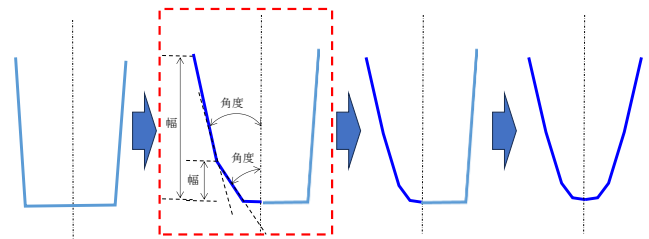


図8 刃先断面形状の比較



(a) 研磨加工前 (b) 刃線方向の研磨 (c) 刃線と直角方向の研磨 (d) 目標断面形状 (曲線的断面形状)

図9 研磨加工過程の模式図

を作成した結果、刃物に異なる角度の刃先が付いていることを確認できた。これは、ユーザ座標のY軸座標を活用し、砥石と刃物の接触位置を調整することで、刃先形状を再現できたと考えられる。また、図8は表面粗さ測定機で測定した粗刃付け前および粗刃付け後の刃先断面形状を示している。刃厚が粗刃付け前よりも薄くなっており、教示データとおりに研磨加工できていることが確認できた。

図9は研磨加工過程ごとの刃先断面の模式図を示している。(a)は研磨加工前、(b)は刃線方向に研磨したときの断面形状、(c)は刃線と垂直方向に研磨したときの断面形状(曲線的な断面形状)、(d)は目標断面形状を示している。本研究においては、(b)に示した異なる2つの角度と幅を持った刃先断面に加工することができた。今後、表計算ソフト等で教示データ内の位置データを抽出・解析・編集し、データを可視化することで(c)のような曲線的な刃先断面形状を作成し、最終的には刃物固定ツールの再設計等で(d)のような両刃に曲線的な断面形状を有した刃先の加工を目指す。

4 まとめ

オフラインプログラミングソフトを活用した粗刃付け用ロボットシステムを構築した。

粗刃付け用ロボットシステムを用いた研磨加工実験では、異なる刃角度を付ける研磨加工を行った。その結果、粗刃付けを片面に加工できたことを断面形状測定により確認した。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、ご協力頂きました丸章工業株式会社様に感謝致します。

【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.5, pp1-3,2024
- 2) 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