

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1報）

塚原誠也*、坂東直行*

Study on the edging system of kitchen knife (I)

TSUKAHARA Seiya*, BANDO Naoyuki*

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手法を検討していく。本年度は、研磨方法および加工条件の調査やロボットシステムにおけるシステム構成およびロボット仕様の検討を行った。また、粗刃付け前後の刃先断面形状の比較による加工量の数値化やロボットハンドの剛性について静解析を行い、金属製および樹脂製ハンドでの研磨動作時の変位量を算出した。

1. はじめに

近年の刃物業界は、少子高齢化に伴う外部の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により、専門的な技術を要する工程は外製化が困難な状況になった。そのため、この状況に危機感を持った企業は、現在、自社で熟練作業者を育成し、全ての工程を完全に内製化しつつある。

今後、刃物業界が生き残っていくためには、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。

その為、刃物業界では、今後は1人の作業者が複数の工程をこなせる多能工化とともにロボットによる自動化を進めることで、作業者の負荷低減や技能伝承を図る必要がある。そこで本研究では、産業用ロボットを用いた包丁の粗刃付けロボットシステムの構築を目指し、システムの要素技術となる刃物形状のデータ化および刃物固定ツールの設計・評価を行ったので報告する。

2. 粗刃付けロボットシステムの概要と技術課題

2.1 粗刃付けロボットシステムの概要

産業用ロボットを用いた包丁の粗刃付けロボットシステムの概要を図1に示す。本システムは、6軸の産業用ロボットと研磨機およびオフライン作業（刃物形状のモデリングや教示データの作成等）のためのPCから構成されている。ロボットへの粗刃付け動作の教示は、ティーチングペンダントを用いた教示では刃先形状に沿った研磨作業には対応できないため、パソコン上で作成するオフラインプログラミング機能を用いて、刃物の形状データからツールパスを作成する方法を用いる。この教示データにより、把持された刃物は指定した動作軌跡上で刃物の粗刃付け研磨作業を再現することができる。

ロボットについては、刃物の断面形状がハマグリ状の形状（滑らかにカーブするV字形状）となっており、この刃物形状を再現するためには、教示データにおいて位

置とその位置における姿勢を与える必要があるため、6軸ロボットが必要となる。位置繰返精度は $\pm 0.02\text{mm}$ 以下を想定している。また、可搬重量に関しては、研磨時にハンドにかかる力はおおよそ10kg程度と言われている¹⁾ため、包丁および固定治具の重量を考慮すると、13kg程度の可搬重量が必要となると考えられる。今後、実際にハンドにかかる力を測定する実験を行う予定である。

2.2 粗刃付けロボットシステムにおける技術課題

2.2.1 研磨機の種類と研削加工条件

包丁の研磨方法には、縦型および横型グラインダーと研磨紙を用いるベルトサンダー、および、砥石研磨機があるが、本研究では、焼き付きを起こしにくい水砥石の砥石研磨機を選定することとした。また、砥石粒度は粗刃付け加工と本刃付け加工の間となる#220の砥石を使用することとした。

2.2.2 刃物形状のデータ化

刃物本体から形状データとなる点群データを取得し、断面形状を再現する。田中らの研究では、刃物の刃先形状の解析のために三次元的な点群データの復元を行った。非接触式の三次元的な刃物形状の解析手法では、前処理や点群の結合が必要になることが分かった²⁾。本年度は

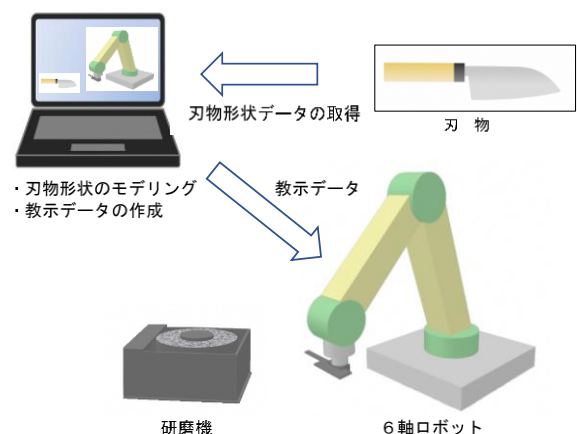


図1 粗刃付けロボットシステムの概要

* 機械部

輪郭測定から、おおよその刃物形状を作成しロボット動作経路作成を優先する形を取り、刃先形状の復元は来年度以降の課題とした。

2. 2. 3 刃物固定ツールの設計・試作

ロボットに刃物を固定するハンドは、取り付け易さや剛性、さらには、研磨機との干渉を防ぐ必要があるため、ボルト押付固定部を有したハンドを3DCADにより設計し、静的強度について検討を行った。

3. 結果及び考察

3. 1 刃物形状（加工前後）の刃先形状の取得

粗刃付け加工前後の刃物サンプルの断面形状を計測するために、測定には三次元測定機（Carl Zeiss, Inc. Prismo ULTRA 9/13/7）を使用した。その結果を図2に示す。刃物先端から100mmの位置での断面形状を倣い測定し、0.1mm程度の除去加工による断面の減少が確認できた。断面形状をデータ化し、研磨加工による加工量を推定することができた。

3. 2 刃物固定ツールの評価

刃物サンプル輪郭形状を画像測定機（株ミットヨ製 QVH3-H606PIL-C）で取得し、CADソフト(Solidworks社製 SOLIDWORKS)を用いて刃物形状データを作成した。取得した刃物形状データをCAD上で編集し、ロボットハンドに把持させた状態（図3a参照）を再現するアセンブリを行った。ロボットハンドの材質をアルミ合金および樹脂素材（ポリアミド系素材）とし、刃先先端部に100Nの荷重をかけた際の変形量をシミュレーションによる静解析で評価した。その結果を図3bおよび図3cに示す。アルミ合金（図3c）では、変形量が約0.21mm、一方でポリアミド系樹脂（図3b）では変形量が約1.64mmとなった。よって、ポリアミド系樹脂で作製した刃物固定ツールでは、研磨動作時の加工力による変形により、刃先の位置がずれる可能性があることが分かった。

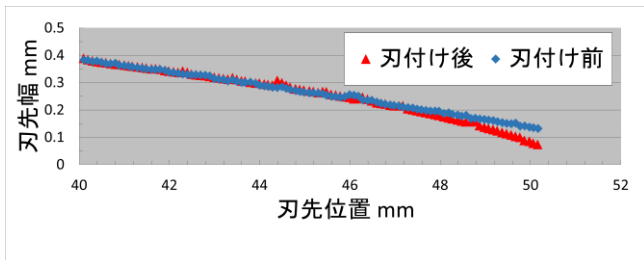


図2 刃先断面形状の比較

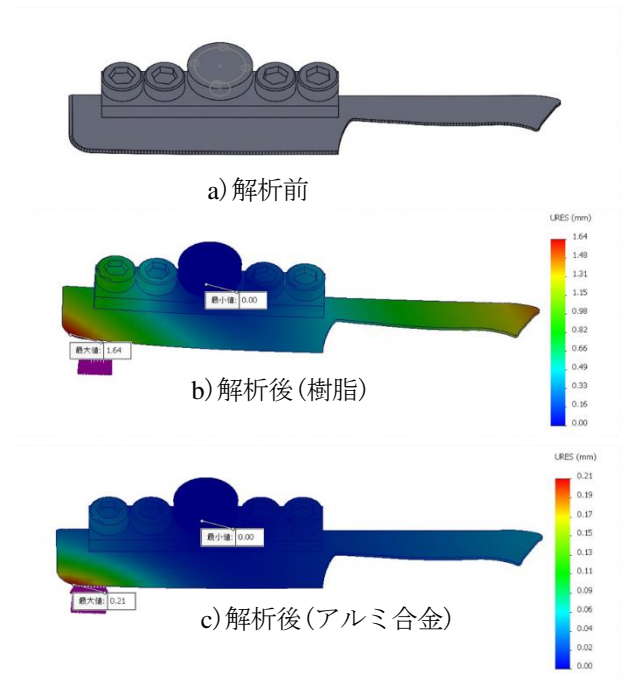


図3 変位量の静解析

4. まとめ

包丁の粗刃付けを行うための粗刃付けロボットシステムのシステム構成を検討し、本システムにおいて必要となる刃物形状のデータ化および刃物固定ツールの設計・評価を行った結果、以下の知見を得た。

- 刃物形状を三次元測定機および画像測定機を用いて、デジタルデータ化を行い、CADを使用して輪郭形状を再現することができた。
- ロボットハンドを設計し、シミュレーションにより静的強度評価を行った。その結果、金属製では研磨加工中の変形量が0.21mm程度、樹脂製では1.64mm程度生じる可能性があることが分かった。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、刃物サンプルをご提供いただきました丸章工業株式会社様に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) TORMEK,ハンドブック HB-10 10.4 版,p16,2019
- 2) 田中ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.3, pp19-22,2022