技術レター

新潟の匠の技を継承し発展させるための計測と制御に関する調査研究

五十嵐　晃[*]　大野　宏[**]　中部　昇[**]　丸山　英樹[***]　中川　昌幸[*]
今泉　祥子[*]　松本　好勝[****]　石井　啓貴[*****]

A Research of Measuerment and Control Technology for Inheritance and Development of The Uniqu Skills in Niigata Prefecture

IKARASHI Akira[*], OHNO Hiroshi[**] , NAKABE Noboru[**] , MARUYAMA Hideki [**],
NAKAGAWA Masayuki[*] , IMAIZUMI Syouko[*] , MATSUMOTO Yoshikatsu[***] and ISHII Hirotaka[****]

1. 緒　　言

団塊世代の大量退職の影響により、今まで熟練作業者に蓄積されていた製造工程におけるノウハウの継承が企業の大きな課題となっている。

そこで本研究では、県内中小企業の作業現場における熟練技能に着目し、最新の計測・制御技術を利用して、これらの技能を短期間かつ高度に継承可能か調査を行った。また、県内企業の作業現場の現状調査し、最新技術の技能継承への適用に関する検討実験を行った。

2. 調査研究の内容

2.1　概要

本研究では、新潟県内のうち県央地区の製造業を中心に、熟練作業および工程の自動化の現状調査を行った。また自動化・省力化の先進企業として県外の企業についての調査も行った。さらに、計測や制御関連の技術動向調査についても行い、作業計測と加工品の計測・評価について、実際に計測装置を導入し、それらの作業現場への適用可能性について検討した。

2.2　県内企業の調査内容

県内では、県央地区の金属製品製造業を中心に調査を行った。おもに、熱間鍛造と研磨工程についての調査を行い、いずれも作業者の経験と勘が重要な工程で、客観的な数値化が難しいという印象であった。後継者への技能継承の取り組みは、主として作業者から作業者への 0JT を通じて行われていた。

2.3　県外企業の調査内容

県外では、自動化が進んでいる先進大手企業についての現状調査を行った。当該企業における自動化の目的は、作業の数値化による品質の安定であり、一般的な省力化だけではない。また、扱うロットが大きいことから償却が可能であり、高額な自動製造システムに設備投資することが可能である。一方、熟練作業者の技能等のノウハウは、改善提案活動を通じて共有されている。

2.4　試験研究の内容と結果

2.4.1　概要

熟練作業者および初心者の違いによって、作業に違いが見出せるかを確認するために、金属の研磨作業工程を対象として、(1)研磨作業の計測および（2）研磨加工品の計測を行った。

2.4.2　研磨作業の計測

バフ研磨作業における技能伝承に関して、ワ

* 下越技術支援センター
**　研究開発センター
***　レーザーナノテク研究室
****　素材応用技術支援センター
*****　企画管理室

ーク（加工する部品）の位置や姿勢、ワークに作用する荷重を測定するシステムを試作し、熟練作業者と初心者の技術差異の抽出可能性について検討を行った。

2.4.2.1　試作システム

試作したシステムにより、①ワークの位置や姿勢、②作用する荷重、を測定した。

①は図 1 に示すように、モーションキャプチャーシステム（NaturalPoint 社製 OptiTrack FLEX:V100）を用いた。

②は図 2 に示すように、ワーク台に対して、3 つの 3 軸小型力覚センサ（（株）テック技販製 USL06-5H-100N）を用いた。

2.4.2.2　測定条件

被験者は熟練作業者と初心者とし、ワーク台に取り付けたステンレス製平板（100×200mm、厚さ 2mm）を研磨した際の、X、Y、Z の 3 方向について、ワークの位置・姿勢（Rx、Ry、Rz）とワークへの作用荷重（Fx、Fy、Fz）を同時に測定した。

2.4.2.3　測定結果

測定結果の代表値として、ワークへの作用荷重と姿勢のばらつきの結果を図 3 に示す。
図中(a)、(b)とも左側のグラフが最大値と最小値の差を示し、右側が分散を示している。これらから、熟練者と初心者では、熟練者の方が、最大値と最小値の差についても、分散についても、小さい傾向となり、ばらつきの少ない安定した作業を行っていると推定できる。

以上の結果から、本システムにより、熟練作業者と初心者の作業の差異抽出の可能性を確認できた。

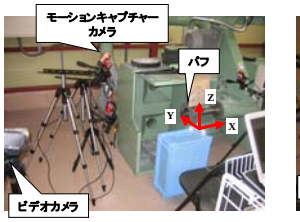

図 1　モーションキャプチャーシステム

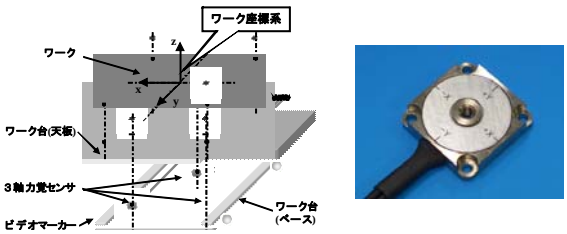

図 2　ワーク台（左）と力覚センサ（右）

2.4.3　研磨加工品の計測

前節で計測した作業の結果、研磨されたワークについて、表面の計測を行った。

2.4.3.1　加工品の光沢度測定

光沢度計（日本電色工業（株）製 PG-1M）を用いて、熟練作業者および初心者が研磨した合計 12 枚の SUS 板を測定した。測定角度は、20 度とした。

測定結果を図 4 に示す。各ワークについて、10 カ所の測定を行ったため、それらの平均値とばらつきを示した。これより、平均鏡面光沢は、熟練者ほど大きくなり、光沢のばらつきは、熟練者ほど小さいことがわかった。

2.4.3.2　加工品の表面粗さ測定

前節の図 4 に示した熟練作業者、中間者，初心者による研磨面の光沢度比較のデータのうち、光沢度が最大であった熟練作業者による No.2、中間者による No.3、熟練作業者だが、光沢度が中間者や初心者と同程度であった No.1、そして初心者で No.1 と同程度の光沢度であった

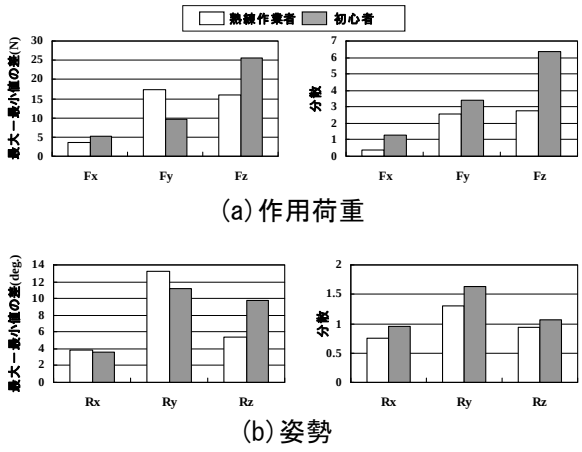

図 3　ワークの作用荷重と姿勢データ

No.4 の 4 つの供試材について、表面形状の評価を行った。まず、各供試材において、粗さ計（Veeco 社製 Wyko NT3300）により、表面粗さを測定した。代表として Ra（算術平均粗さ）の結果を図 5 に示す。

光沢度の高い供試材ほど Ra が小さく、表面粗さは小さかった。光沢度では No.2 と 3、No.1 と 4 ではほぼ同じ程度の値となったが、表面粗さにおいても同様の傾向であった。結果として、表面粗さは光沢度と相関が見られたが、作業熟練度との相関は見られなかった。

2.4.3.3　加工品の表面形状測定

感覚的な製品の光沢感はさらに広範囲な形状の影響があると考えられる。そこで、そのような広範囲な表面形状の評価として、研磨による表面のうねり成分の評価を行った。供試材は前節と同様とした。図 6 に、形状測定機（（株）ミツトヨ製コントレーサ CV-648 特別仕様）で測定した形状結果を示す。

この形状測定で得られたプロファイルを考慮に入れて求めた Ry（最大高さ）を図 7 に示す。この結果より、熟練度が高くなるほど、表面のうねり成分が小さくなり、全体的により平滑な面に仕上げられていると考えられる。

3. 結　　言

(1) 県内企業の製造工程は作業者の経験や勘による作業が多く、客観的な数値化は難しい。

(2) 県外大手企業では品質安定のための自動化が進んでいる。

(3) 作業現場計測の結果、熟練作業者と初心者の違いを確認することができた。

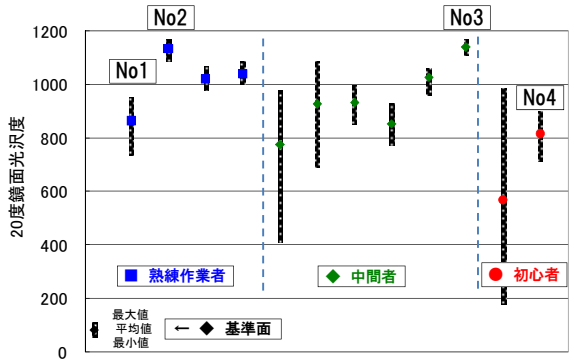

図 4　20 度鏡面光沢度の比較

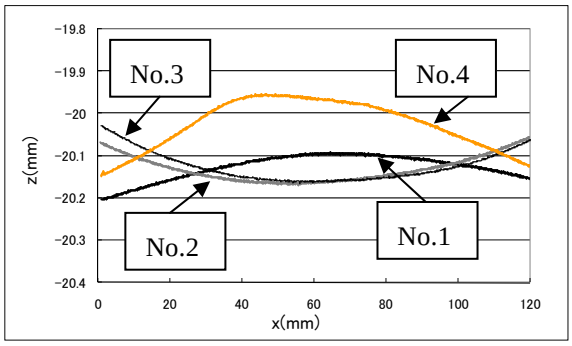

図 6　各供試材の形状測定結果

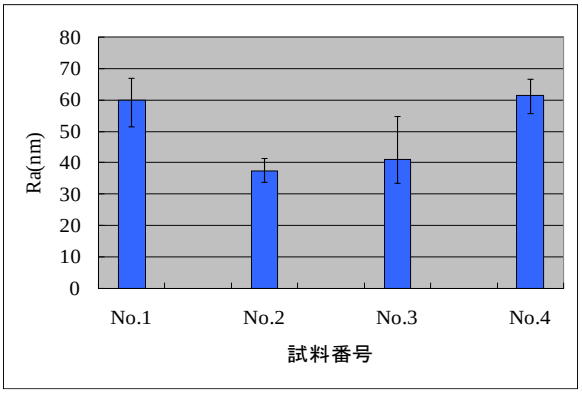

図 5　各供試材の算術平均粗さ Ra(nm)

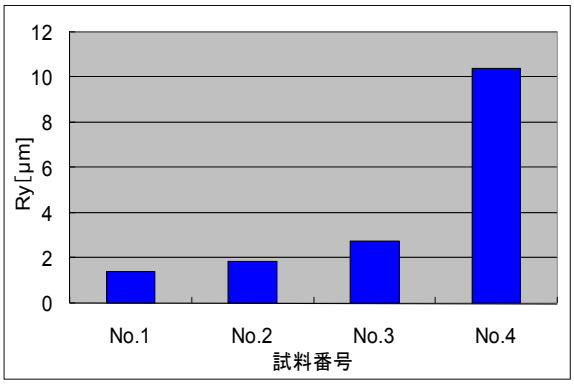

図 7　形状を考慮した最大高さ Ry(nm)