

ICT を活用した遠隔技能伝承アシストシステムに関する研究開発 (102304008)

Research and Development of Remote Technical Skill Succession Support System with ICT

研究代表者

五十嵐晃 新潟県工業技術総合研究所

Akira IKARASHI Industrial Research Institute of Niigata Prefecture

研究分担者

中部昇[†] 江口和哉[†] 阿部淑人[†] 大野宏[†] 山本正信^{††}

Noboru NAKABE[†] Kazuya EGUCHI[†] Yoshito ABE[†] Hiroshi OHNO[†] Masanobu YAMAMOTO^{††}

[†]新潟県工業技術総合研究所 ^{††}新潟大学

[†]Industrial Research Institute of Niigata Prefecture ^{††}Niigata University

研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

概要

本研究では、ICT を活用し熟練技能者が持つ技能を、無線を介してセンシングして可視化し、これを利用して技能を円滑に伝える伝承アシストを開発する。対象は金属製品の研磨作業と作業工具の刃付け作業とする。金属製品の光沢や作業工具の刃先の形状をわかりやすく表示し、熟練技能者しかできない動きや力の入れ方を抽出して可視化する。さらに得られたデータをネットワーク経由で遠隔地へ伝送することで、遠隔技能伝承アシストシステムを実現する。

Abstract

We developed a supporting system with ICT for succession of technical skills in metalworking industries Polishing of metal components and sharpening of cutting tools are our subject of the study. The system is capable of visualizing useful informations such as a result of motion analysis, glossiness of polished metals, and correctness of the shape of cutting tools. In addition, the information can be displayed via the internet in order to instruct remotely. At present, the system undergoes field evaluation studies.

1. まえがき

新潟県内の中小製造業における研磨作業や刃付け作業は、作業者の経験と勘に頼るところが多く、技能の伝承が円滑に進んでいない現状がある。本研究では、ICT（情報通信技術）を用いて、熟練作業者の作業を数値化することで可視化し、初心者にもわかりやすい表示をすることにより、技能の伝承を円滑に進めるシステムの開発を行った。さらに作業現場で得られる作業計測データを、無線 LAN 等のネットワーク経由で送信することで、遠隔地においても、作業現場と同様の情報を得られるようにし、遠隔地でも円滑に技能伝承できるシステムの開発を行った。

2. 研究内容及び成果

2. 1. 金属製品を研磨した面の光沢測定に関する研究開発（熟練作業の評価基準も含む）

金属製品の研磨部品について、JIS Z8741 に準拠した光沢度計による光沢測定法に対して新規に考案した平行光源と光線空間カメラによる光沢分布特性測定法によって計測時間の短縮化と測定密度の向上を目指した。

提案した光沢度測定システムにより、小面積かつ平坦板に限られるものの 1 回の撮像で 3 分以内に 4,000 サンプル以上の反射率分布を測定できるようになり、従来の 1/10 以下の時間で計測を達成した。

熟練者、初心者の反射率結果を表 1 に示す。これより、

表 1 熟練者と初心者の光沢計測結果

	平均	標準偏差
熟練者	56.02	1.0966
初心者	57.96	1.5271

平均値は概ね一致したことが分かる。一方、標準偏差より、熟練者のほうが、より一様な研磨結果となっていることが分かる。本方式は、非接触測定であり、将来的には大面積や造形物への適用にも可能性がある。

2. 2. 作業工具の刃先の三次元形状測定に関する研究開発

ニッパの製造工程では、最後に熟練者がヤスリがけをして刃の切れ味を整える刃付け作業を行う。これらの技能伝承を支援するために、刃先の三次元形状を高速かつ高精

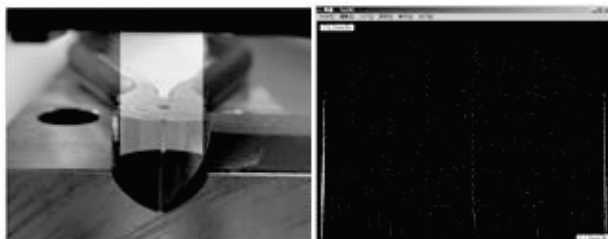


図 1 形状測定の様子（左）と三次元形状測定例（右）

表 2 熟練度の計算結果

	熟練度の平均値
初心者	14.78
中級者	7.19
上級者（熟練者）	4.22

度に測定して表示するシステム（図 1（左））を開発した。

また、熟練者と初心者では刃先の形状がどう違うか調べ、熟練度を数値で表し、技能の習熟度を把握できるようにした。開発システムによる測定例を図 1（右）に示す。

初心者、中級者、上級者（熟練者）がニッパの刃付け作業をした後の、刃の三次元形状の左右の刃が接する部分を比較すると、刃の形状は初心者ほどばらつきがあり、上級者ほど均一になっていた。これを数値化するために、ある範囲の平均刃形状からのずれを、熟練度の指標として採用した。この値が小さいほど熟練度が高いと言える。

これにより計算した熟練度の平均値を表2に示す。表2より、技能が高いほど、左右の刃が接する部分の三次元形状が均一で、平均刃形状からの差分は小さくなることがわかった。また、中級者が刃付けをしたサンプルは平均で7.19と熟練度が高く、上級者に近い結果となった。

2. 3. 研磨と刃付け作業における人の動きと力のかけ方の測定に関する研究開発—マーカス式モーションキャプチャ

バフ研磨作業における工作物（ワーク）の動かし方と力加減（力覚）をモニターする装置について、ソフトウェアの改良を行い、結果として1秒当たり30フレームの計測、およびリアルタイムでのワーク位置・姿勢、力覚、研磨推定量の結果表示を可能とした。加えて、バフ研磨作業における遠隔技能伝承支援システムとして、これらの情報を無線LANによって、ネットワークカメラを用いた作業時の動画像伝送と合わせて遠隔地のパソコンに伝送するシステムを構築した。図2に構築した研磨技能伝承支援シ

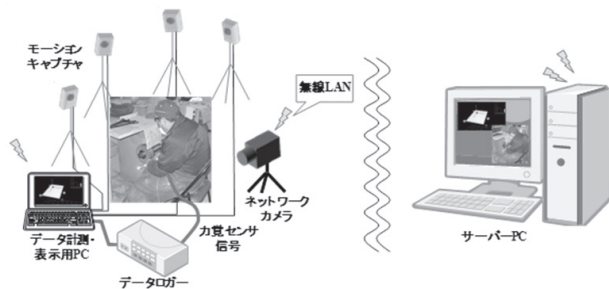


図2 研磨作業における遠隔技能伝承支援システム

テムを示した。

熟練者と初心者による平板の研磨作業を比較し、バフへのワークの押し付け荷重およびその変動や、バフに対するワークの姿勢の変動の大きさが熟練度の評価基準となると考えられた。ただ、これをそのまま表示しても、直感的に情報が伝わるとは言いがたく、技能伝承につながりにくいことが想定された。ここで、作業中におけるワーク各領域の研磨量を推定し、その分布や均一度を色の分布や均一度で表現することとした。これらは、単純な情報で作業状態を把握できることから、初心者や熟練者に対し直感的に理解を促すものであり、教示情報として有効であると考えられる。以上のことから、先に示した作業計測システムにおいても計測中において研磨量推定値分布（瞬間値および積算値のいずれか）をリアルタイムに計算し、図3に示すようにワークの姿勢や力覚情報と併せてコンピュータ画面

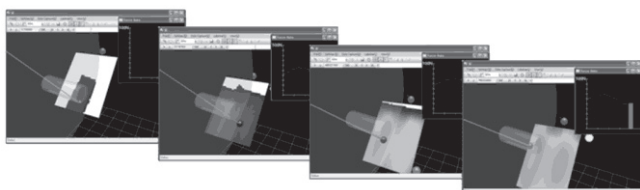


図3 作業計測画面の一例

上に表示できるようにした。

以上のように開発した作業計測システムにより研磨加

工の現場で実際に作業測定を行い、作業員から意見を伺ったところ、熟練者・初心者とも自分の力加減が適切であるか、また、均等にワークを研磨できているかを容易に理解できるとの評価を得た。

2. 4. 研磨と刃付け作業における人の動きと力のかけ方の測定に関する研究開発—マーカ無しモーションキャプチャ

熟練者の刃付け作業を多視点カメラで追跡した結果を図4に示す。刃の修正を行っている。全部で460フレームのうちの1コマである。右手のモデルがワイヤーフレームで表示されている。



図4 手の動作の追跡結果

モデルが全てのカメラからの手の画像と一致しているので、手の姿勢は三次元的に正確に得られている。このモデルは掌を最上位の部位とする多関節構造である。掌から指先に至るリンク構造では、関節の開き角度によって手の姿勢が、また、その時間変化により手の運動が定量的に記述されている。

3. むすび

以上、各要素技術についての成果を述べた。各要素技術については、おおむねほぼ目標が達成できた。研究開始当初は、これらの各要素技術をまとめて遠隔技能伝承システムを構築することを想定していた。しかし、研究を進めていくなかで、本研究において作業対象とした、研磨作業に対して、最適な要素技術を取捨選択して組み合わせることで、システムを構築することが適切であるとの判断にいたった。また、これを用いた実証試験を行った結果、熟練者、初心者のいずれも当該作業に関わる方々から「作業がわかりやすく表現されている」と好評を得た。

このように、技能の伝承に必要な情報を可視化し、客観的な表現を加え、かつ、ICTを適用することで、遠隔地においてもほぼリアルタイムで、同様の画面を確認できるようにすることが可能となった。研究終了後も、各開発システムについて、企業にて評価中である。

【誌上発表リスト】

- [1] 渡部直人、糸雅亮祐、佐藤真悟、三浦裕樹、山本正信 “フルハイビジョン映像からの音楽演奏時の身体・手・顔のモーションキャプチャ”、映像情報メディア学会誌 Vol.65 No.11 pp1647-1651 (2011年11月1日)
- [2] 大野宏、五十嵐晃 “レーザ変位センサを利用した刃付け作業の技能伝承支援システムの開発”、ビジョン技術の実利用ワークショップ（横浜市）(2011年12月9日)
- [3] 中部昇、五十嵐晃、“バフ研磨作業における技能伝承支援システムに関する研究”、日本機械学会 SHD2011（京都市）(2011年10月31日)

【報道発表リスト】

- [1] “「匠の技」可視化し継承”、新潟日報（地方紙）、平成22年8月25日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.iri.pref.niigata.jp/22new8.html>