

2021 年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	複合現実感を用いたロボット教示
キーワード	① ロボットプログラミング、②VR・複合現実、③マニピュレータ（ロボットアーム）

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏名	マキタ サトシ 榎田 諭
配付時の所属先・職位等 (令和3年4月1日現在)	福岡工業大学 工学部 知能機械工学科 助教
現在の所属先・職位等 (令和4年7月1日現在)	福岡工業大学 工学部 知能機械工学科 准教授
プロフィール	2010年3月横浜国立大学大学院工学府システム統合工学専攻博士課程後期修了、博士（工学）。同年4月佐世保工業高等専門学校電子制御工学科着任、2020年4月福岡工業大学工学部知能機械工学科着任、現在に至る。ロボットマニピュレーション、産業用ロボット、ロボットハンド、手指のバイオメカニクスの研究に従事。

1. 研究の概要

本研究では、変種変量生産への転換において必要になる「頻繁なロボット教示作業の簡便化」について取り組む。ロボットによる製造作業の自動化においては、ロボットに行わせる動作を正確に教え込む作業が必要となり、これを教示（ティーチング）またはロボットプログラミングと呼ぶ。ロボット教示の簡便化のために、実機を用いないシミュレーションでのティーチングにおける「バーチャルリアリティ、複合現実を用いた仮想ロボットの操作性の向上」、「作業教示の精度向上」を目的として、それぞれの研究課題に取り組んだ。結果として、複合現実感提示デバイス上に投影した仮想ロボットアームの操作、3次元デプスカメラを用いた操作対象物の位置・姿勢推定、ロボットアームの逆運動学に基づく仮想ロボットの教示を実現した。今後はこれらの要素技術を統合した教示システムを確立するとともに、より多様な作業内容の教示を実現するための、仮想ロボットの操作感覚の提示手法に取り組む予定である。

2. 研究の動機、目的

ロボット教示では実機のロボットをリモートコントローラまたは直接に手で、ボディを動かす手法がしばしば採用される。自動の動作計画と比べて、教示作業の高速化、高精度化の観点からは作業動作を教示するほうが合理的であることが少なくない。しかしながら、時々刻々と変化する製造内容に対して、そのたびにロボットを停止して再教示することは大きな損失を生じる。これに対して、コンピュータ空間内で教示を行うオフライン教示（ロボットを動作させない教示）も行われているが、コンピュータ空間内への実環境の再現が課題にある。この解決策として申請者は、複合現実感（Mixed Reality）を用いたオフライン教示手法を提案する。特に半透過ディスプレイを用いて物理世界の視覚情報にコンピュータグラフィックを重ねて表示する手法では、周辺環境の物体を必要以上にコンピュータグラフィックとして再現することが避けられる。教示対象のロボットの三次元 CAD モデルから生成するコンピュータグラフィックは、ロボットの逆運動学に基づいてその姿勢を逐次変化できる。すなわち、教示者はコンピュータグラフィックのロボットでありながらあたかも実機のロボットを直接動か

すような操作が可能になる。本研究ではこの複合現実感を用いたロボット教示手法の確立を目的として、仮想ロボットの操作性の向上および教示精度の向上に取り組んだ。

3. 研究の結果

当該研究期間で以下の研究課題に取り組み、それぞれに成果を得た。

(1) 複合現実感提示デバイスを用いた仮想ロボットアームの操作

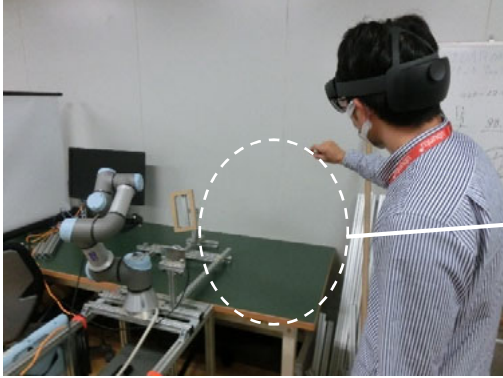


図1: 複合現実感提示デバイスを装着する研究者。ハンドトラッキングによってデバイスの操作が可能。装着者の視点からは白色点線の領域に図2のコンピュータグラフィックが見えている。

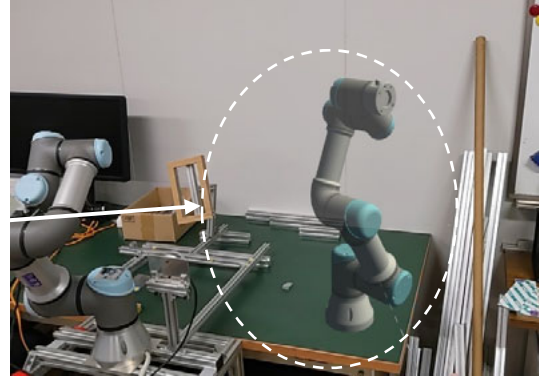


図2: デバイスを通して見える映像。半透過ディスプレイのため、実際に見えている視野内にコンピュータグラフィック(図中右)を投影できる。

図1のように教示者は複合現実感提示デバイスを装着することで、半透過ディスプレイの背景に見える物理現実空間と、ディスプレイに投影されるコンピュータグラフィックを同時に視認することができる(図2)。投影しているグラフィック(図2右側)は図2左側にある、ユニバーサルロボット社の6関節ロボットアーム・UR3のCADモデルから生成したものである。実機のロボットと同様に、各関節を回転させてその姿勢を変化させることができる。これにより、実空間内で稼働するロボットの動作をシミュレートすることができ、作業内容に応じたロボットの動作を教示できる。

(2) ロボットアームの逆運動学に基づく仮想ロボットの教示

ロボットアームの手先の目標位置・姿勢を与えたとき、それを満たす関節角度を求める手続きを逆運動学という。本研究ではシミュレーション空間中の4軸ロボットアームに対してその手先の目標位置を与えて、ロボットの動作を生成した。教示者の手の位置を精度よくトラッキングするためにVRデバイス用のモーションコントローラを利用した。その入力位置を仮想ロボットの手先が追従するように、逆運動学に基づくアルゴリズムを実装し、シミュレーション空間内で仮想ロボットを操作できるようにした。対象物を把持するための目標位置まで障害物等を回避した経路をオフラインで教示し、ロボット実機を用いた実験により、教示した作業が遂行できることを検証した。今後はこれを上述の6軸ロボットアームに拡張する。

(3) 3次元デプスカメラを用いた操作対象物の位置・姿勢推定

3次元デプスカメラとは、一般的なカラー画像(RGB・画像)に加えて、レーザ測距計などによって得られる3次元空間中の物体表面までの距離を計測した情報(距離画像)の両方を取得できるものである。本研究では作業対象物の操作位置などを正確に求めるために、外付けのデプスカメラを用いて対象物の距離画像を取得し、その位置・姿勢(傾き)を求める。窓枠などに代表されるサッシの挿入作業を対象として、挿入枠の位置を推定し、ロボットによる挿入作業が高い成功率で実行できることを確認した。このように作業対象物の位置・姿勢を推定することで、オフライン教示において生じうるロボッ

ト制御および人間の操作における位置決め誤差を考慮できると期待できる。

4. 研究者としてのこれからの展望

本研究期間の取り組みによって、複合現実感を用いたロボット教示の基礎的な手法について検証を進めることができた。複合現実感の提示については本奨励金によって導入できた半透過ディスプレイ型デバイスだけでなく、外部カメラの映像を利用するビデオパススルー方式などがある。これらの利点を生かしながら、本研究の目的であるオフラインでのロボット教示の機能向上を目指す。加えて、人間が行っているような各種の作業に対して、ロボットによって遂行可能な手法を探求し、その動作を確立する。その中で、作業に対する動作原理の解明とモデル化も進める。

5. 支援者（寄付企業等や社会一般）等へのメッセージ

このたびは私の研究活動に対して多大なご支援を賜り感謝申し上げます。この1年間の研究期間で今後の発展が期待できる成果を得ることができました。ロボットによる生産・作業の自動化の拡大は今後、大きく期待される分野の一つと考えています。その実応用までには本研究で取り組む教示以外にも多くの課題がありますが、着実に問題を解決し、ロボティクス分野の発展に寄与したく存じます。