

ロボットによる遠隔操作における操作性の改善

金沢大学 ○中込淳, 疋津正利, 神谷好承, 関啓明

Improvement of the operation performance of the remote-controlled robot
Kanazawa University Jun NAKAGOMI, Masatoshi HIKIZU, Yoshitsugu KAMIYA, Hiroaki SEKI

Currently, the remote-controlled robots are expected to be operated in dangerous situation for us, such as disaster relief, the removal of land mines and working in a nuclear reactor. The remote-controlled robots are required to work in various situation, and it is also required to work in the situation when the robots itself constantly changes their attitude. Therefore, the purpose of this study is to improve on the operation performance of the remote control system, by actually doing some operations using a robotarm that is hanged.

1. 緒言

現在, 災害救助や地雷の探査・除去, 原子炉での作業など, 人にとって危険な環境において, 遠隔操作ロボットの活躍が期待されている. 遠隔操作ロボットはさまざまな状況に柔軟に対応して作業を行うことが求められるが, 現状のシステムでは対応しきれない場面もある. 一例として, 災害現場などにおいて, 無人の遠隔操作ロボットが進入することが困難であったり, 侵入することにより状況を悪化させてしまうような場面が挙げられる. このような場合に, クレーンの先端にロボットを吊るし, 遠隔操作することができれば, ロボット自身が進入することが難しい状況においても, 作業を遂行することが可能となる.

そこで, 本研究では宙吊りにしたロボットアームの遠隔操作を対象とし, さまざまな作業を実際に行うことで不安定な状況下における操作性の改善を行う.

2. 遠隔操作システム

2.1. カメラの取り付け位置

クレーンに宙吊りにしたロボットの遠隔操作を行うシステムを図1に示す. このようなシステムにおいて, カメラの取り付け位置はロボットの手先(図1-①)とロボット手先から離れた位置(図1-②)の2種類が考えられる. それぞれの取り付け位置における特徴をまとめたものが表1である. ①と②を比較すると, その利点と欠点は表裏一体の関係にあり, カメラ1台の映像のみで操作を行うことは非常に困難である. よって, 状況に応じて2台もしくはそれ以上のカメラを切り替えながら操作を行う必要があると考えられる. 複数台のカメラを用いる場合, 立体映像を得るためのステレオ画像の手法が考えられるが, 今回の場合には視野を広く確保することを目的としているため, 3台以上のカメラを設置することも考えられる.

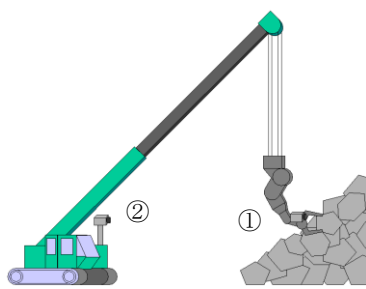


図1 遠隔操作システム

表1 カメラ位置の比較

カメラの 取付位置	①	②
ハンド付近の 映像	易	難
立体的な 状況把握	易	難
視野の広さ	狭	広
操作時の 不快感	有	無

2.2. システムの問題点と対応策

2.1 節より, 本研究で作成する実験装置のイメージを図2に示す. 一般的な遠隔操作システムでは, 座標変換を用いて座標系を統一することで, 操作性を向上させている. しかし, 座標変換を行うためには, 各々の座標系の位置関係がはっきりしていなければならない. ロボットが宙吊りにされている場合には, 座標変換により, 座標系を統一することは難しい. つまり, 操作者は常に座標系の向きを想像しながら操作を行わなければならない. カメラからの映像のみで思い通りに操作を行うのは非常に困難である.

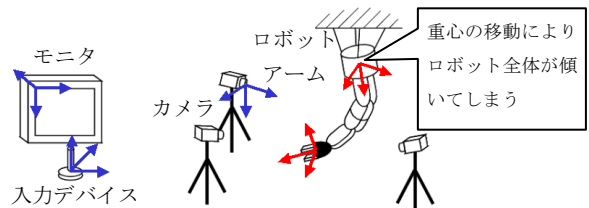


図2 装置における使用機器の座標系

そこで, 操作者をサポートするための新たな情報をカメラの映像に付加するために, 本研究では AR 技術を利用する. 図3, 図4に示すように, ロボットアームの手先にマーカを取り付け, 画像からマーカの位置情報を取得するとともに, 座標系の3次元モデルを描く. この座標系を, 入力デバイスの座標系に対応させることで, ロボットと入力デバイスの座標系が一致していなくても, 動作方向やハンドの向きを確認しながら操作を行うことが可能となる. また, 座標軸以外にも, 操作者による入力デバイスからの入力の大きさと方向を示す操作ベクトル表示することで, 次の動作を視覚的にイメージしながら操作を行うことも可能となる.

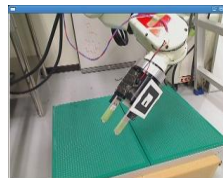


図3 通常の操作画面

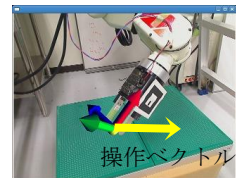


図4 AR使用時の操作画面

2.3. 実験装置

図2を元に作成した実験装置を図5に示す. 装置は操作部と作業部に分けられ, 操作者は2台のカメラの映像を切り替えながら, 入力デバイス(3Dマウス)を用いてロボットアームを操作する.

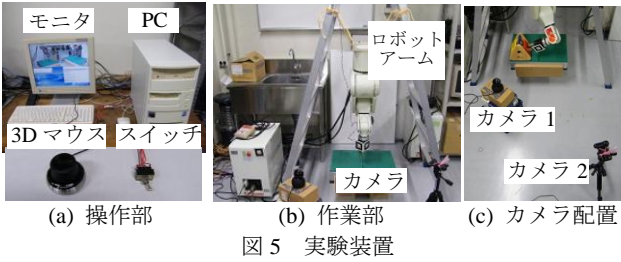


図5 実験装置

3. 実験

3.1. 評価方法

本研究では、AR技術を利用するシステムと利用しないシステムでいくつかの作業を行い、それぞれの作業における動作毎の座標値変化と軌跡を比較することで、操作性の改善を検討する。ただし、ARを利用しないシステムでは座標系を表示できないため、操作者が座標系の向きをイメージしながら操作を行わなければならない。

3.2. 作業事例

本研究において行った作業とその特徴を表2にまとめる。表2はそれぞれの作業における、カメラ1台での作業の可・不可、並進運動(位置の変化)と回転運動(姿勢の変化)の重要度、宙吊りにしたことによる難易度の変化を比較したものである。また、①は物体を掴み、箱に入れる作業、②はいくつかの物体を積み上げる作業、③は物体を掴み、同形の穴に通す作業、④はブロックを組み立てる作業、⑤はねじを回す作業、⑥は災害救助を想定した、瓦礫を取り除く作業である。

この中で今回は、並進運動が重要度となる物体の積み上げ作業(表2-②)と、回転運動が重要となる物体の穴通し作業(表2-③)の実験を取り上げる。これら2種類の作業に関するデータを図6、図7にまとめる。それぞれの図の(a)は作業手順のコマ送り写真である。(b)は動作毎のロボットアームの座標値の変化を表し、X、Y、ZはAR技術を利用しない場合の各座標値を、Xar、Yar、ZarはAR技術を利用する場合の各座標値を表す。破線はXar、Yar、Zarの終了点である。(c)は作業状況を真上から見た図で、番号は(a)の手順に対応している。(d)(e)は(b)のX、Y、Xar、Yarを用いて、AR技術を利用した場合としない場合のXY平面の軌跡を描いたもので、どちらも(c)に矢印で示した経路をたどるのが理想的である。

表2 作業の種別

作業の種類	カメラ1台での作業	運動の重要度		宙吊りによる難易度の変化
		並進	回転	
①箱入れ	○	△	×	小
②積み上げ	○	○	×	小
③穴通し	△	×	○	中
④はめ合い	×	○	○	中
⑤ねじ回し	×	×	◎	大
⑥瓦礫除去	×	○	◎	大

3.3 考察

図6、図7の(b)より、積み上げ作業と穴通し作業のどちらにおいても、AR技術を利用しない場合に比べ、AR技術を利用した方が作業完了までの動作回数は大きく減少している。少ない動作回数で作業を完了できるということは、一つ一つの動作が正確になり、それに伴い、作業時間も減少したと言える。また、(d)、(e)を比較すると、どちらの作業においてもAR技術を利用した場合の方が、無駄な動作が少なくなり、目標位置に正確に移動していることがわかる。以上のことから、

宙吊りにしたロボットを遠隔操作するにあたり、AR技術を利用して座標系や操作ベクトルを表示することは有効であり、これにより、システムの操作性は改善されたと言える。

4. 結言

本研究では、遠隔操作ロボットを宙吊りにすることを想定し、その操作性の改善を行った。

まずは、カメラの位置などシステムにおける問題点と対応策を検討した上で、装置を作成し、さらに、AR技術を利用して、カメラの映像に新たな情報を加えることにより、操作性を改善することができた。

参考文献

- 1) 谷尻豊寿: ARToolkitプログラミングテクニック
- 2) 増田良介: 災害時救助ロボットシステム, 日本機械学会誌(2006)462-463
- 3) 天野久徳: 消防防災ロボットの現状と展望, 映像情報メディア学会誌(2008)1391-1395

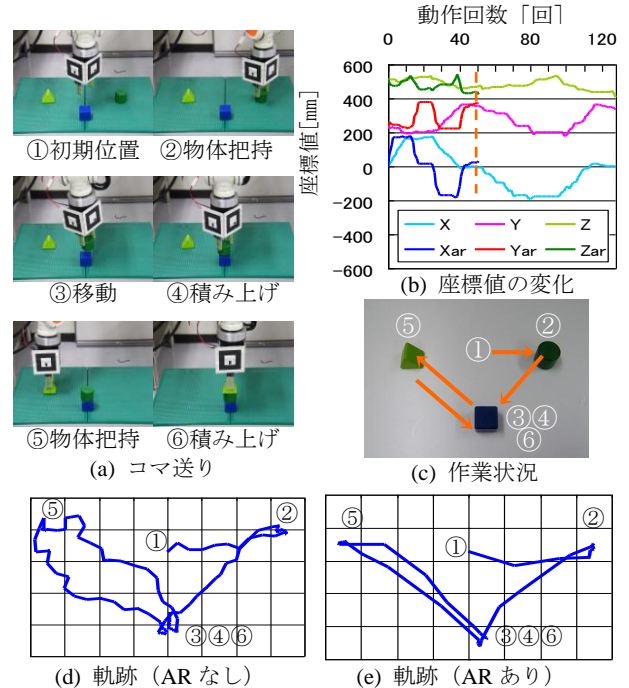


図6 物体の積み上げ作業

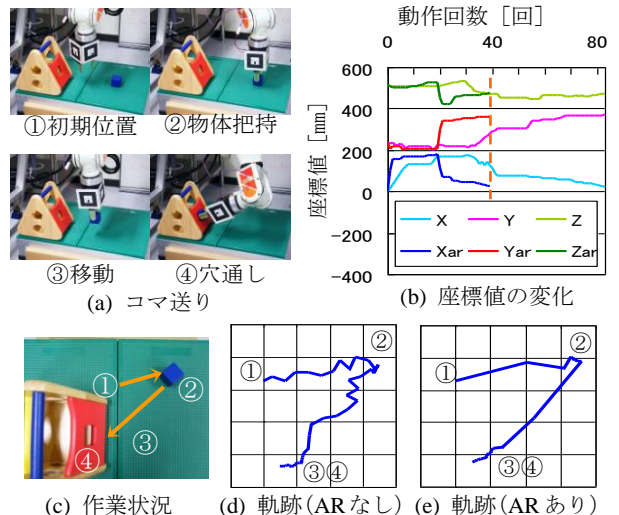


図7 物体の穴通し作業