

令和元年6月4日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06027

研究課題名(和文) 産業用ヒト型双腕ロボットのプレート操り動作制御によるグラスプレス・ハンドリング

研究課題名(英文) Grasp-less handling based on operating control of working plate with an industrial dual arm robot

研究代表者

廣垣 俊樹 (HIROGAKI, Toshiki)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：80275172

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：産業用双腕ロボットの両腕で作業プレートを保持して操る動作に取り組んだ。プレート上に置かれた鋼球(直径20mm)をプレートの旋回運動で転がり運動指令を与え、鋼球を把持することなくプレート上で運動制御するグラスプレス・ハンドリングの技術に取り組んだ。プレートに角速度の異なるロール・ピッチ運動を与え、ボールのリサージュ転がり軌跡とロボット運動精度の関係について考察した。成果として、双腕ロボットがプレートを操ることで、ハンドリング対象となるボールを直接把持することなくハンドリングすることが可能であることが判明した。提案手法は、工場現場の次世代のロボットハンドリング技術として有望であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はロボットが道具を操る動作の高度化を目指したものである。高齢化や労働人口の減少に伴う人手不足などの問題を解決するため、ロボットと人が協働する社会の実現のニーズが増大し、その中で人とロボットが道具を共用する技術が求められている。本研究は工業用の作業プレートの操り動作を対象としているが、その技術は食堂などで多用する盆の操り動作にも応用が可能であり、工業的にだけでなく今後の生活の中でも有望な技術となる可能性を有している。

研究成果の概要(英文)：This research work dealt with controlling a rolling motion of working plate by cooperating dual arms with a dual arm industrial robot. We investigated to control a rolling locus of a ball (diameter 20mm) on the plate caused by the plate rolling motion as a grasp-less handling technology. We discussed the relationship between Lissajous ball rolling locus on the plate due to commanded roll and pitch motion under different angular velocity combination and motion error of dual arm industrial robot. As a result, it can be seen that the operation of working plate with dual arm robot makes it feasible to achieve handling of ball on the plate without grasping it. The proposed method is found to be promising to develop a novel handling technology in factory automation technology for the next generation.

研究分野：ファクトリーオートメーション

キーワード：産業用ロボット 双腕 制御 自動化 ファクトリーオートメーション ハンドリング 生産システム

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

日本において労働人口の高齢化と人手不足の問題が顕在化してきており、その解決のために製造業の現場における自動化や産業用ロボットの導入ニーズが増大してきている。その中でも、産業用双腕ロボットの導入は次世代のファクトリーオートメーション（FA）における新たな取り組みとして着目されてきていた。また製造現場において作業者とロボットの協働において、現場で道具を共用する技術の研究開発が望まれていた。そこで現場で多用される道具の一種である作業プレートの共用と操り動作の高度化に着目した。

2. 研究の目的

従来、ヒト型ロボットの二足歩行の研究は数多くなされてきた。しかしながら、ヒト型双腕ロボットの双腕の協調動作に関する研究は少なく、特に工場現場で活用されている産業用ロボットにおける研究はほとんどない。そこで本研究では、作業プレートをヒト型産業用双腕ロボットの両腕で保持し、双腕の協調動作に基づき高度なプレート操り動作制御として、プレート上のボールの転がり運動制御を具現化する。その結果、ロボットによる道具の操りでボールを直接把持することなく移動させるグラスプレス・ハンドリングの技術を研究開発する。

3. 研究の方法

ヒト型産業用双腕ロボットに工場でも用いられている道具の一種である作業プレートを双腕で保持し（図1参照）、双腕の協調動作で作業プレートに旋回運動を与えた。空間上のプレートの旋回運動としては、ヨー、ロール、ピッチが考えられるが、本研究では重力の活用に主眼を置くため、ロールおよびピッチの三角関数波の往復旋回（周波数応答）の入力による、ボールの転がり運動制御でグラスプレス・ハンドリングの技術開発に取り組んだ。

複雑な転がり運動制御の具現化のため、ロールまたはピッチの一方に高周波の往復旋回を与えることで、ボール（直径10～20mm程度）の様々な転がりリサージュ運動の創成に関する体系的な研究を遂行した。

実験に用いたロボットはヒトと同等のサイズの安川電機製 MOTOMAN-DIA10 で、ウエスト1軸と双腕14軸（片腕7軸）の合計15関節の制御軸を有している。

作業プレートに与える最大のロールまたはピッチ角は先行研究の結果を参考にして、水平面から $\pm 5^\circ$ 程度として、また基本周期（基本周波数）を3.3s（0.3Hz）程度に設定して、その2倍、3倍周波数との組み合わせを検討した。

その一方で、旋回角運動に対するボールの転がり運動軌跡の伝達関数をシミュレーションで求め、異なる周波数の組み合わせにおける往復旋回時の最大角を設定した。

プレート運動の教示とその再生モニタには航空機用準拠のクロスボー製慣性ジャイロセンサ NAV420 を用い、角度、角速度、角加速度の計測も併用した。また図2に示すように作業プレート上のボールの転がり運動軌跡はモーションキャプチャーで動画より画像解析を遂行した。

図3 旋回2軸の同期誤差と転がり誤差

4. 研究成果

現場の作業プレートの操り制御によるグラスプレス・ハンドリングの有効な使い方として、プレート上での物体の攪拌運動への応用が想定される。その場合の基本は、プレート上でのハンドリング物質のリサージュ運動の創成にあるものと考えられる。そこで本研究では、その基本としてプレート上の対象物として球体を用い、さらに基本波と2倍周波数波の組み合わせで生じる八の字転がり運動を基本原理として、実験およびシミュレーションでその操り制御について検討した。

その結果、FA用に開発されたヒト型産業用双腕ロボットの作業プレート操りで、ある程度のグラスプレス・ハンドリングが具現化可能であることが判明した。またこの成果は、ヒトとロボットが作業現場で道具を共用する協働作業に向けた嚆矢としても有効であることを示すものである。その一方で、ヒト型双腕ロボットでの作業プレート操りでは、図1からもわかるように、ロール旋回は双腕の逆位相の上下動作を基本とし、ピッチ旋回は双腕の手首の同位相の動

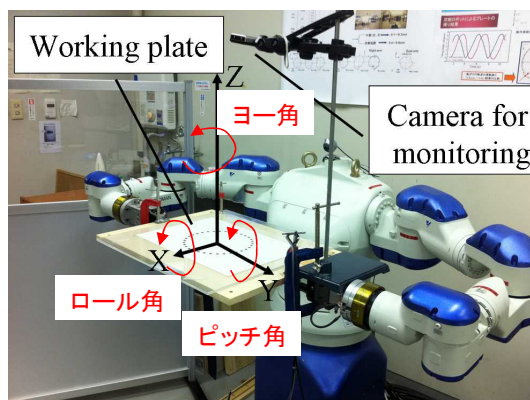


図1 双腕ロボットによるプレート保持姿勢

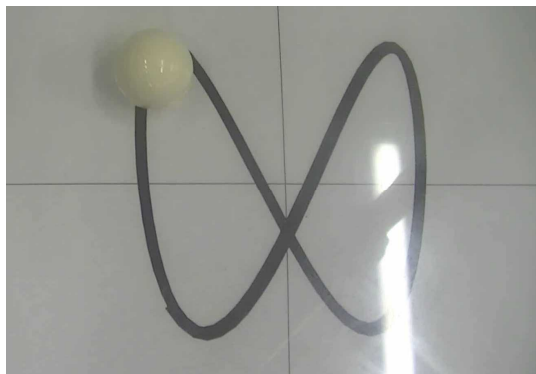


図2 転がり運動軌跡のモーションキャプチャー

作となるため、それぞれ求められる運動機能が大きく異なる。そのため、両旋回運動の同期誤差が生じやすく、そのような場合に、図3に示すように、提案する八の字のボールの転がり運動軌跡の動画解析による診断がロボットの教示作業等の効率化にも有効となることも判明した。

その一方、図1に示すように作業プレートを双腕で胴体の中心に保持するような場合には上述のような運動精度が確保できるが、胴体から左右のどちらかにオフセットした場合には各腕の運動誤差とその同期性の悪化が顕著となり、通常の教示再生の手法では十分な運動精度でのプレート操りが達成できないことも判明した。すなわちヒトが作業する場合に比べ、外乱に対するロバスト性が低いことも判明して、今後の課題であることもわかった。

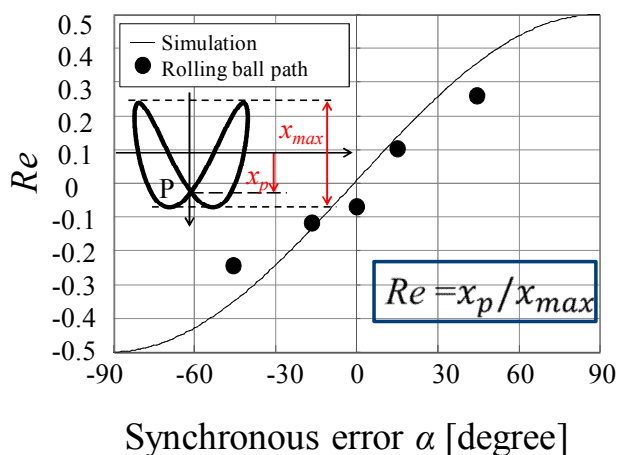


図3 リサーチ運動軌跡による同期誤差診断例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 0件)

〔学会発表〕 (計 6件)

〔図書〕 (計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年：
 国内外の別：

○取得状況 (計 0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年：
 国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者 なし

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者 なし

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。