

令和元年6月21日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14626

研究課題名（和文）高速双腕ロボットによる高速協調マニピュレーションの研究

研究課題名（英文）High-speed cooperative manipulation using a high-speed dual robotic arm

研究代表者

青山 忠義（Aoyama, Tadayoshi）

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：00569337

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、双腕ロボットを用いたマニピュレーションにおける作業の効率化（高速化）を目指し、高速マニピュレーションを応用展開するための基盤となる研究を行った。初年度は、仮想接続マニピュレーション法の提案、マニピュレーション法に必要な仮想接続拘束の導出、高速双腕ロボットシステムの構築、ロボットシステムの基本動作試験を行った。次年度は、高速双腕ロボットシステムを用いて、提案した仮想接続マニピュレーションの検証を行い、対象物を双腕ロボットで高速操作するロボットジャグリングを実現し、様々な場面における今後の研究の方向性を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を通して進めてきた高速マニピュレーションに関する研究は、ロボットによる対象物の操作の効率化（高速化）のための基盤技術として発展性がある。これまでの関連研究では、高性能なハードウェア開発を重要視しており、本研究成果は高速マニピュレーション法の一般化やその複数のロボットマニピュレータへの応用といった、これまでの未解決課題を解決した点において学術的意義ある。また、工場で作業を行う複数人分のタスクを1台のロボットシステムで高速に遂行する基盤技術としても重要な成果であり、ロボットを工場で利用する製造業などの産業界への応用展開も期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, with the aim of improving efficiency in manipulation using a dual robotic arm, we have conducted research as a basis for applying and deploying high-speed manipulation. In the first fiscal year, the construction of the virtual connecting manipulation method, the derivation of the virtual connecting constraint required for the proposed method, the construction of the high-speed dual robotic arm system, and the basic motion test of the robotic system were conducted. In the next fiscal year, verification of the proposed virtual connecting manipulation is performed using a high-speed dual robotic arm system to realize robot juggling in which the object is operated at high speed with a dual robotic arm, and the direction of future research in various scenes has been discussed.

研究分野：ロボット工学

キーワード：非把持マニピュレーション 高速マニピュレーション 高速ビジョン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

ロボットで対象物を操ることは、ロボット工学の基礎的な研究課題の一つであり、従来から研究が行われている。2台のロボットアームを協調させる双腕ロボットを用いたマニピュレーションに関する研究開発も行われており、双腕ロボットが製品化された例もある。双腕ロボットを用いたマニピュレーション研究では、ロボットが苦手とし人間が得意とする巧みな動作をロボットを用いて工学的に実現する試みが中心であり、本来ロボットが得意とする高速・高精度な動作を活かした双腕マニピュレーションの実現を試みた研究は少なく、双腕ロボットによるマニピュレーションの高速化に関してソフトウェア・ハードウェアともに検討すべきことも多い。

マニピュレーションシステムの「反応速度」と「運動速度」に着目した高性能なハードウェアを整備することで、1台のロボットアームを用いた高速マニピュレーションを実現している例もあるが、複数のロボットマニピュレータによる対象物の高速マニピュレーションには未だ発展していない。これまでの高速マニピュレーション研究では、ハードウェア開発を中心に行っており、高速マニピュレーションに関する一般的制御則が構築されていないことが複数のロボットマニピュレータへの応用を困難としている一因であると考えられる。

本研究では、未だ確立されていない高速マニピュレーションに関する一般的制御則を提案した上で、申請者らの高速マニピュレーションに関するハードウェアのノウハウを展開することで、高速双腕ロボットシステムを開発し、双腕ロボットによる高速マニピュレーションの研究を行う。

2. 研究の目的

上記の背景およびこれまでの申請者らの研究成果をもとに、未だ確立されていない高速マニピュレーションに関する一般的制御則を構築した上で、2台の高速ロボットアームおよび高速ビジョンシステムから成る双腕ロボットによる高速マニピュレーションに応用することで、高速マニピュレーションを応用展開するための基盤となる研究を行う。具体的には、以下の課題に取り組む。

- ① 一般的な高速マニピュレーション法として、仮想接続マニピュレーション法を提案する。
- ② ロボットアームおよびステレオ高速ビジョンから成る高速双腕ロボットシステムを構築する。
- ③ 高速双腕ロボットを用いて、フラワースティックのアイドリングと呼ばれるジャグリングの技を実現し、仮想接続マニピュレーション法の検証・総括を行う。

3. 研究の方法

①仮想接続マニピュレーションの提案

①- (A) 仮想接続マニピュレーション法の定式化

申請者らの事前研究において実現されているフラワースティックを回転運動させるマニピュレーションアルゴリズムをベースにし、制御対象とロボットアームを関連づける拘束条件を設定することで非把持操作を可能とする手法を定式化し、高速マニピュレーションの一般的制御則として仮想接続マニピュレーション法を提案する。

①- (B) 仮想接続マニピュレーション法の双腕ロボットへの応用ための数理モデルの構築

①- (A) で導出した仮想接続マニピュレーション法を2つのロボットアームから成る双腕ロボットへ応用するため、双腕ロボットによる運動モデルを構築する。対象物およびロボットアームは剛体と仮定した上で、システムをモデル化し、対象物の位置、速度、回転角、回転角速度から成る状態量ベクトルを定義する。

②高速双腕ロボットの構築

双腕ロボットによるジャグリングを実現するための2台のロボットアームおよび実時間で対象物の計測を行うステレオ高速ビジョン（2式の高速ビジョン）から成る高速双腕ロボットを構築する。2台のロボットアームは高速動作において実績のあるロボットアームを使用し、高速ビジョンはこれまでの利用実績がある IDP Express を用いる。

③高速双腕ロボットによる動作実験

提案した仮想接続マニピュレーション法の実験的検証を行う。本研究では以下に示すジャグリング動作について、高速双腕ロボットによる実現を試みる。これらの動作検証では、制御対象として申請者らの事前研究で使用していた市販のフラワースティックを使用する。フラワースティックにはマーカーを設置し、スティックの位置・速度・回転角・回転角速度は、②で構築した高速双腕ロボットに設置された高速ビジョンにより取得する。動作検証として、フラワースティックのアイドリング動作の実現を試みる。アイドリング動作は、ロボットアームでフラワースティックの上半分を高速に交互にたたき上げる技である。アイドリング動作の仮想接続拘束を設定し、仮想接続マニピュレーション法による双腕ロボットの制御則を実装し、フラワースティックのアイドリング動作を実現する。

④研究の総括・最終評価

③の結果を踏まえた上で、提案する仮想接続マニピュレーション法の総括を行うと同時に、高速双腕ロボットのハードウェア検証を行い、様々な応用場面における今後の研究の方向性を議論する。

4. 研究成果

①仮想接続マニピュレーション法

制御対象を操作するロボットの運動制法として、制御対象とロボットアームを関連づける拘束条件を設定することで非把持操作を可能とする手法を定式化し、非把持マニピュレーションの一般的制御則として仮想接続マニピュレーション法を開発した。開発したマニピュレーション法は、シミュレーション実験を通してスティックの操作が可能であることを確認した。図1に開発したマニピュレーション法のコンセプト図とシミュレーション実験時のスナップショットを示す。

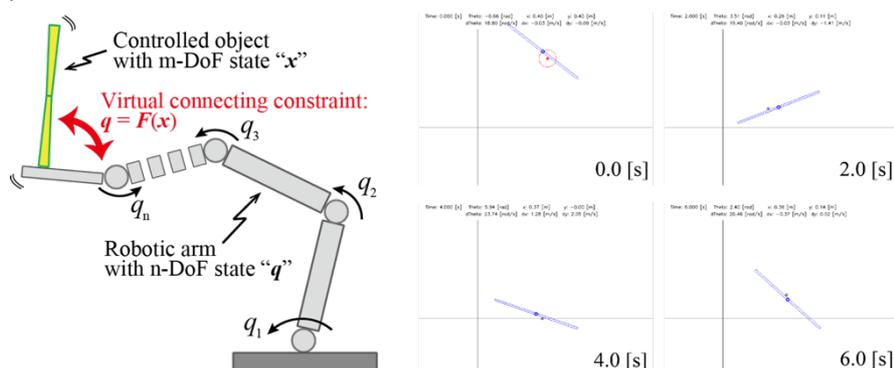


図1 仮想接続マニピュレーションのコンセプト図(左)とシミュレーション実験のスナップショット(右)

②高速双腕ロボットの構築

図2に構築した実験システムの外観を示す。構築したロボットジャグリングシステムは、2台のロボットアーム、高速ビジョンシステム、制御用PCから構成される。高速ビジョンカメラヘッドは制御対象とロボットアームの情報を取得するためにロボットの外側へ設置した。制御対象として使用するフラワースティックは長さ0.56 mの市販品を使用した。

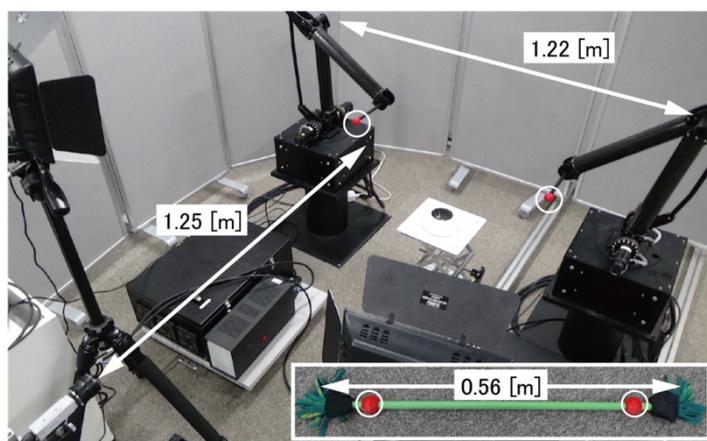


図2 実験システム

③高速双腕ロボットによる動作実験

提案した仮想接続マニピュレーション法の検証実験として、フラワースティックのアイドリング動作の高速双腕ロボットによる実現を試みた。図3に実験時のスナップショット、図4および5実験時のスティック位置の時系列データを示す。図3から、アイドリング動作が実現されていることが視覚的に確認できる。図4および5から、スティック位置が目標位置付近に維持されていることが確認できる。なお、ロボットの軌道は②で開発した計測システムにより取得された状態量を用いて、①で開発したマニピュレーション法によって生成されている。

④研究の総括・最終評価

③の結果から、提案した仮想接続マニピュレーション法と構築した高速双腕ロボットによる高速協調マニピュレーションが可能であることが確認できた。今後、より具体的な応用場面を見据えた実用的なタスクに提案手法を応用していきたい。

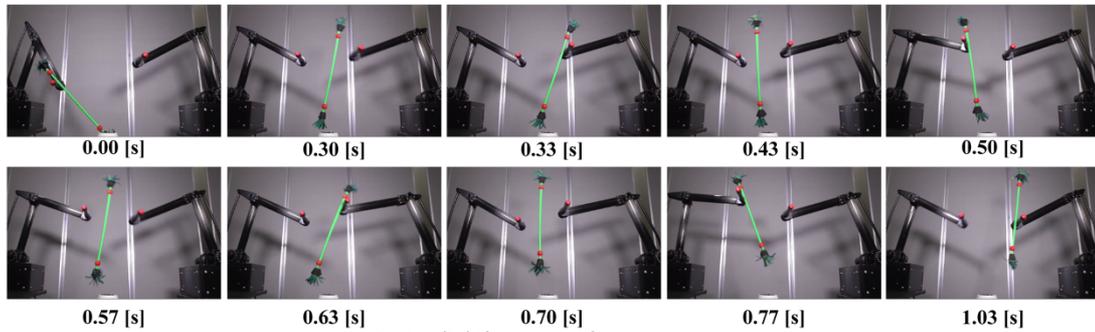


図3 実験時のスナップショット

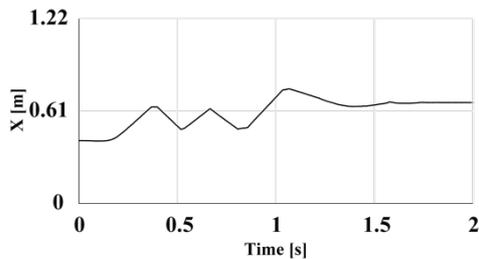


図4 スティックのX座標

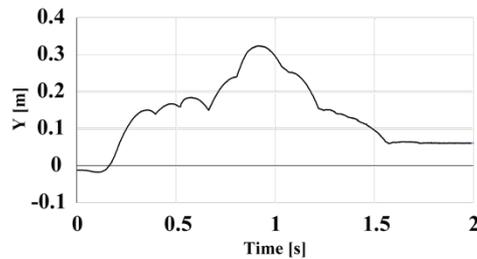


図5 スティックのY座標

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

①T. Aoyama, K. Matsuba, T. Takaki, I. Ishii, Y. Hasegawa, Flower Stick Manipulation Based on the High-speed Visual Feedback Control of a Dual Robotic Arm, IFAC-PapersOnLine, vol.51, pp. 209-213, 2018.

②青山忠義, 高木健, 三浦拓実, 石井抱, 運動学的拘束条件のみを考慮したフラワースティックの回転操作, 日本ロボット学会誌, vol.35, no.3, pp.86-94, 2017.

〔学会発表〕(計 2件)

①T. Aoyama, M. Hanabishi, T. Takaki and I. Ishii, Instantaneous Acquisition of Focused Image Using High-speed Microscope System, IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 311-312, 2017.

②T. Aoyama, M. Kaneishi, T. Takaki, I. Ishii, S. Takeno, M. Takeuchi, J. Nakanishi and Y. Hasegawa, Real-time Microscopic Video Shooting Using a View-expanded Microscope System, IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 270-271, 2017.

6. 研究組織

(1) 研究分担者
なし

(2) 研究協力者
なし

※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。