

アーム搭載型 RGB-D カメラを用いた四足歩行ロボットによる 物体把持システムの構築に関する研究

花井 聡一郎 【画像情報工学研究室】

1 はじめに

農業従事者は高齢化などに起因し減少傾向である。これに伴い、収穫作業を筆頭とした農業における労働力不足が深刻化している。この課題を解決するため、農作業を補助し労働を代替する技術が求められている。機械による農作業補助の方法として、ロボットアームを搭載した4足歩行ロボットを用いる。先行研究では、6自由度ロボットアームにRGB-Dカメラ、グリッパ、そして切断用エンドエフェクタを搭載し、トマト果実の収穫が実現されている [1]。本研究では栗拾い作業を想定し、切断を行わない収穫方法を取り扱う。4足歩行ロボット、グリッパ付き6自由度ロボットアーム、およびRGB-Dカメラを用いてリーダーフォロワー制御と把持動作を実現する。

2 実験手法

AgileX社 PiPER ロボットアームに対して、同型アーム間の無線通信によるリーダーフォロワー操作を実装した。さらに、アームに搭載したRGB-Dカメラ画像上のクリック指示に基づく対象物の把持および移動を実装した。把持および移動を行う動作に対して、栗拾い作業を想定した対象物の移動タスクを実施する。タスク評価は、対象物をかごから別のかごへ移すプロセスにおいて、把持成功の可否から把持成功率を指標とする。実験には BostonDynamics 社の4足歩行ロボット Spot の背面に、AgileX社の6自由度ロボットアーム PiPER を搭載し実施する。電源は Spot に搭載されている 48V-24VDC-DC コンバータから供給される。リーダーフォロワーでは、WSL 上の Ubuntu 環境にて PC に接続しているリーダーの関節角を gRPC によりフォロワーに送信する。図 1a のように遠隔での操作を行う。フォロワー側では搭載されたエッジコンピューター jetson Orin Nano においてリーダーからの関節角を受信し、ロボットアームを操作する。ロボットアームによる把持動作では、PiPER のグリッパ近傍に Intel 社の RGB-D カメラ RealSense D435i を搭載した。システム構成は図 1b に示す。WSL 上の Ubuntu 環境からアーム、カメラを制御し、対象物の把持および移動を実施する。PC に表示された画像においてユーザーが対象物をクリックにより指定する。カメラ座標および距離情報から3次元の点を目標点として設定し、逆運動学によってグリッパが目標点に到達するロボットアームの関節角を算出して把持を行う。対象物として直径 5cm のプラスチック製ボール 12 個を、幅 48cm、奥行 32cm、高さ 16cm の農業用かごに設置した。これらをかご間で移動するタスク

を実施した。各試行において、対象物を1個ずつ画像内でクリック指定し、12回の指定を1セットとして計10セット、全120回の試行を行った。対象物の把持および移動が完了したものを成功とカウントした。

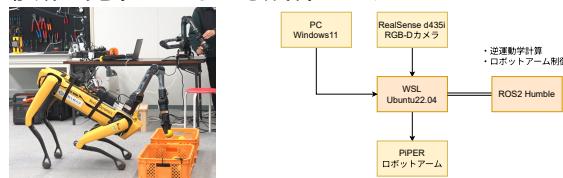


図 1: (a) 遠隔でのリーダーフォロワーによる (b) RGB-D カメラを用いた把持システムの構成

図 1: リーダフォロワーの実験例および把持システムの構成

3 結果

実験結果は次の表 1 のようになった。120 回の試行に対する成功回数は 43 回、成功率は 35.8%であった。失敗事例より、主に 2 つの原因が明らかになった。グリッパが対象物の座標に到達後、把持できない場合が発生した。これはグリッパの把持動作時に対象物に先行して接触し、対象物の位置がずれることに起因している。同様に、誤把持が発生した場合も同じ原因によるものであった。また、グリッパ到達の前後で逆運動学の解が存在しなくなることにより、動作が完了しない事例が確認された。

表 1: タスクの試行結果

成功	失敗			
	把持失敗	把持前 IK 解無し	把持後 IK 解無し	誤把持
43	36	32	6	3

4 まとめ

本研究ではロボットアームに対し、無線通信を用いたリーダーフォロワー遠隔操作と、RGB-Dカメラの座標および距離情報を利用したロボットアームによる物体把持システムを構築した。システムの精度を把持および移動の試行における把持成功率により確認したところ、成功率は 35.8%と低い精度であった。成功率が低い主な原因は対象物への接触による位置ずれと、逆運動学の解が存在しない領域への移動指令であると言える。今後は対象物の把持に適した座標取得方法の工夫により、接触による位置ずれの回避を目指す。また、4足歩行ロボット本体の位置調整との協調により、ロボットアームの到達可能領域を拡張し、逆運動学解の存在しない領域を減少させることが今後の課題である。

参考文献

- [1] N. Kounalakis *et al.*, "Development of a Tomato Harvesting Robot: Peduncle Recognition and Approaching," *Proc. HORA 2021*, vol. 3, pp. 495-500, 2021.