

遠隔操作による採取用ロボットアームの開発

函館工業高等専門学校 ○荒町 陸, 浜 克己, 鈴木 学, 中村尚彦

要 旨

少子高齢化に伴い、農業現場においても労働力不足が深刻な問題となっているが、果菜類の栽培は依然として人手に頼っているのが現状である。そこで、収穫作業における作業者の負担軽減を目指し、本研究では、遠隔操作により対象物を認識して採取することを目的に、カメラ、センサ、専用ハンドなどを搭載して、遠隔操作により果菜類を収穫することのできる採取用ロボットアームシステムの開発について報告する。

1. 緒言

急速に少子高齢化が進む中、農業現場においてもその影響を受け、農業従事者の減少による労働力不足が深刻化している。このような状況のもと、産業用ロボットを農業分野に適用し、収穫作業の省力化や軽労化を図るためのロボット技術の研究と開発は盛んであり、一部に実用化されているもの[1]も存在するが、装置自体が大型・高価であったり、対象が限定されているといった場合がほとんどである。

そこで本研究では、小規模農場を対象として遠隔操作により作物を収穫することを目標に、比較的安価で小型のロボットアームを用い、無線カメラや専用のエンドエフェクタを取り付けることによって、離れた場所からでも収穫作業を行うことができるシステムの開発を目指す。

2. 主な使用機器と関連づけ

本研究で使用するロボットアームの DOBOT MAGICIAN (以下、DOBOT) は、デスクトップサイズであり、関節は4軸で構成されている。そのロボットアームの側面図を Fig.1 に示す。対象物を採取するには、先端のハンド部の角度 ϕ を調節するとともに、その位置と姿勢(関節角度)を関係づけるために逆運動学を用いる必要がある。いま、アームの先端位置を $P(x, y, z)$ 、本体の回転角を θ 、アームの2軸の関節角度を ϕ_1 、 ϕ_2 とすると、姿勢を決定するそれぞれの角度は以下の式で求められる。なお、逆運動学では解が2通り存在するが、DOBOT の関節の可動範囲の関係から、 ϕ_1 は常に正の値、 ϕ_2 は常に負の値を取るものとする。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (1)$$

$$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{z}{x} + \cos^{-1} \left(\frac{l_1^2 + (x^2 + z^2) - l_2^2}{2l_1 \sqrt{x^2 + z^2}} \right) \quad (2)$$

$$\phi_2 = - \left\{ \pi - \cos^{-1} \left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - (x^2 + z^2)}{2l_1 l_2} \right) \right\} \quad (3)$$

また、対象物の認識には無線カメラを用いるが、このカメラ座標系と DOBOT 座標系の関連付けを行う必要があり、具体的な方法は以下のとおりである。

- ① DOBOT とカメラで、それぞれ任意の4点の座標を取得する(カメラでは、読み取った画像を2値化しパターンマッチングを行う)。
- ② 両者の4点を対応させ、カメラ座標系から DOBOT 座標系

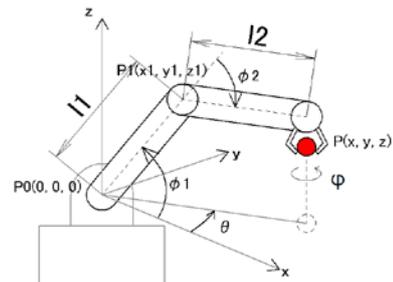


Fig. 1 ロボットアーム側面図

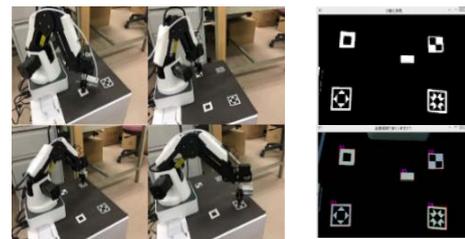


Fig. 2 DOBOT とカメラによる任意の4点座標の取得

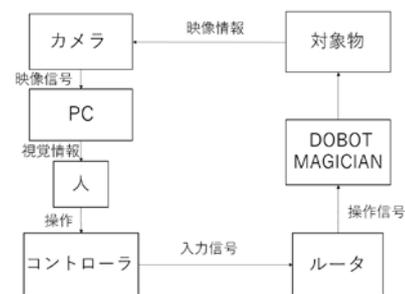


Fig. 3 システム構成

- に一意に変換できるように、OpenCVの関数を使用して透視変換マトリクスを生成する。
- ③作成した透視変換マトリクスをもとに、カメラで取得した対象物の座標を DOBOT の座標に変換する。
- DOBOT を移動させて任意の4点の位置を取得した後、カメラで各点の座標を取得している様子を Fig.2 に示す。

3. システム構成

システム構成を Fig. 3 に示す。最終的には、大きさが異

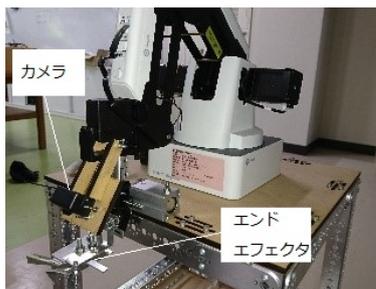


Fig. 4 機器を搭載したシステム全体の外観

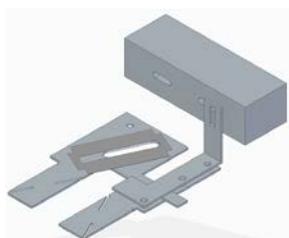


Fig. 5 切断用エンドエフェクタの外観

なり点する作物の中から収穫適期のものを選択し、切断して採取するまでの収穫作業全体の自動化が目標であるが、本研究ではその前段として、人手を介するが、遠隔からの操作によりロボットアームを制御することで対象物を採取することにした。必要な機器を搭載したシステム全体の外観をFig. 4に、先端に取り付ける切断用エンドエフェクタの外観をFig. 5にそれぞれ示す。

4. 実装する機能

システム構成を踏まえ、本研究において要求される機能は以下の通りである。

- 1) 無線カメラを用いた動画の送受信および確認
- 2) 対象物を切断するためのエンドエフェクタの製作
- 3) コントローラの操作と DOBOT の動作の連携
- 4) 誤操作等によりロボットアームが無理な姿勢を取らないための動作可能領域の決定
- 5) 無線操作の実装

上記の各機能について具体的な内容を以下に示す。

- 1) 無線カメラから送られてくる対象物の生育状況の映像データを受信器で受け取り、AD変換後、PCモニタ上に映し出す。
- 2) ハンドの開閉動作を利用し、水平方向に設置した刃で対象物の切断を行う機構のエンドエフェクタを製作する (Fig. 5)。
- 3) 操作者のスイッチ動作をコントローラの入力信号として読み取り、信号ごとに移動や切断を行うロボットの動作と関連付ける。
- 4) ロボットアームの動作可能領域を制限し、その領域を越えるような操作を禁止する。
- 5) コントローラからの信号をWi-fiモジュールとルータを経由してロボットに送信し、遠隔で操作する。

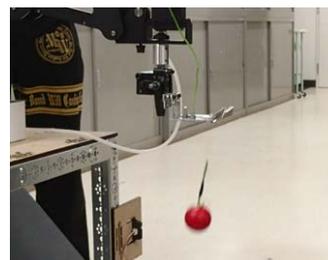


Fig. 6 DOBOTにより対象を収穫している様子

5. ロボットアームの制御方法

基本的な制御の流れは、送られてきた映像を人が認識し、目視で状況を確認しながら、コントローラを用いて x - z 平面内で対象物付近へとアーム先端を移動させる、対象物を切断して収穫する、という二つの動作信号をロボットアームへ送信する。信号を受け取ったロボットアームはその内容に従って動作を行い、対象物の収穫を行う。

この制御は、遠隔操作で行うことを想定しているため、コントローラにはWi-fi通信を行うことができる Arduino を使用する。対象物の認識には無線カメラを用いて離れた場所からでも確認ができるようにし、ハンドの開閉で収穫物を切断できるエンドエフェクタを製作する。コントローラを用いて直接ロボットアームの動作を制御することで、複雑な操作を必要とせず、感覚的に目標動作を実現することができるようにする。

DOBOTの操作は、将来的には無線で行うが、現在はスイッチを用いた回路をDOBOTに有線で接続し、直接的な制御を行っている。実際には、 x 軸の正、 z 軸の正負方向へ動作させるためのスイッチ、 y 軸の正方向へ指定された値分動作し、ハンドの開閉動作をするスイッチの合計5つのスイッチで構成されている。

実際に操作を行った結果として、収穫を行っている様子の一例をFig. 6に示す。

6. 結言

本研究では、無線カメラを用いて対象物と DOBOT のアーム先端との位置関係を認識し、コントローラを用いてロボットアームを遠隔で操作し、対象物を収穫するというシステムの構築を目指しており、本稿では使用する機器の構成、ロボットアームの制御方法、システム構成、実装する機能について述べた。

今後については、計画した各機能の開発を行い、エンドエフェクタの改良、Wi-fiモジュールの実装やコントローラを用いたロボットアームの制御などを行い、無線通信によるロボットアームの操作方法について確立していく予定である。

参考文献

- [1] 鈴木聡一郎, 「スマート農業技術の最前線」, 日本ロボット学会誌, 35巻, 五号 (2017) .