

重量野菜収穫用ロボットアームの開発

環境資源学専攻 生物生産工学講座 ビークルロボティクス 鎌田 樹

1. はじめに

山積する課題解決のために、これまでに多くの革新技术が農業に応用され農業生産の効率は向上し、体系づけられてきた。しかし、カボチャ等の重量野菜を収穫する作業は機械化が困難であるため、人手による収穫作業が未だに行われている。この問題を解決するため、重量野菜収穫用ロボットアームの開発に着手した。本研究ではカボチャを対象作物とし、収穫作業に適したロボットアームの制御アルゴリズム開発を目的とした。

2. ロボットアームシステムと収穫アルゴリズム

ロボットアームシステムは本研究室が開発したもので、200ACVのサーボシステムが関節を制御・駆動する。設計時の可搬重量と自重の比が0.21であり、市販のロボットアームよりも軽量でロボットトラクタへの取付けが容易であることが特徴である。ロボットアームは5自由度を有しており、うち1自由度はエンドエフェクタの制御に用いた。

カボチャ収穫作業に適したロボットアームの要件は、カボチャの位置に正確に移動し、安全かつ短時間で収穫を行い、高い収穫成功率を有することである。目標位置に正確に移動するため、到達目標の座標から逆運動学的に目標関節角を算出し、必要回転量を正確に算出するアルゴリズムを設計した。安全に作業を実行するため、全てのモータの開始時間と終了時間を同期させるように速度・加速時間・減速時間のパラメータを分配するアルゴリズムを開発し、加速時間・減速時間は手先負荷の重さに応じて調整する機能を実装した。またカボチャの把持・無把持状態の動作で制御系のゲインパラメータを切り変えて応答性を調整した。

以上のアルゴリズムを統合して、地面上のカボチャを拾い上げることができるようカボチャ直上よりロボットアームをアプローチさせる収穫シーケンスを規定した。

3. 性能試験と評価

設計したアルゴリズムが開発仕様を満たしたか、位置決め精度と繰返し精度の評価試験、作業効率試験、カボチャ拾い上げ試験を行い、ロボット性能の評価を行った。

位置決め精度と繰返し精度はランダムに目標位置を11点設定して試験を行った。その結果、カボチャの収穫作業には十分な精度を示し、座標位置との相関は見られなかった。

規定の収穫作業シーケンスの所要時間を作業サイクルタイムとして計測した。ゲインパラメータの調整を行い、入力する値を負荷に応じて切替えを適用したことで整定時間が短縮した。人が拾い上げた場合の時間と比較するとロボットアームのサイクルタイムは約3倍となった。さらなる高速化のためには軽量化やモータの容量の増大が必要であると考えた。

収穫成功率の測定の結果、収穫成功率は約90%であった。収穫に失敗した原因は入力座標値に誤りがあったためであった。加速時間と減速時間の値を負荷に応じて変動させる機能によって遠心力を減少させ、搬送中にカボチャがエンドエフェクタよりこぼれ落ちてしまうことを防いだ。

以上より、設計したアルゴリズムは収穫作業の要件を満たしており、作業時間には改善の余地があるが、本ロボットアームシステムを用いたカボチャの収穫作業は可能であると評価した。