

垣根仕立てブドウ収穫機械のためのマニピュレータ開発

共生基盤学専攻 バイオマス転換学講座 バイオマス生産制御学 湯本健志

1. はじめに

醸造用ブドウは垣根仕立てで栽培され、世界的に見ても手収穫が主である。しかしながら、収穫適期内に収穫するためには機械等の利用による効率的な作業体系が不可欠である。本研究では垣根仕立てブドウの栽培環境に適した収穫ロボットの製作を目指し、マニピュレータの開発を行った。

2. エンドエフェクタについて

マニピュレータ製作に先立って、エンドエフェクタの開発を行った。穂梗の切断時間1秒以内、切断成功率90%以上を目標にし、鋏式、回転式、超音波カッタ式の3種のエンドエフェクタを試作試験した。鋏式エンドエフェクタは、摘果鋏の柄に取り付けたワイヤを、電動シリンダで引く事で鋏の開動作を行い穂梗を切断する。2014年度の穂梗切断試験では、穂梗が固い品種の木化した穂梗に対して、鋏先端部でも十分な切断力(270N)と切断時間(平均0.75秒)を有し、供試材料の切断に成功した。この結果より、マニピュレータは鋏式エンドエフェクタを装着する前提で設計した。

3. マニピュレータについて

目標作業領域と動作時間を、垣根仕立てブドウ樹形と手収穫作業より設定し、それを基に基本機構を検討した。垣根仕立てブドウは果房周りの障害物が少ないため複雑な姿勢は要求されない。よって、簡素な機構かつ不安定な足場でも比較的安定する、一軸を旋回機構、二軸を回転機構、三軸を直動機構とする3自由度極座標型マニピュレータを製作した。要求される各軸の動作範囲は、一軸はヨー方向に $\pm 30^\circ$ 旋回、二軸はピッチ方向に $\pm 30^\circ$ 回転、三軸は0.28mのストロークを直動である。各軸合わせて3秒以内、各軸1秒以内の動作時間と設定する。三軸直動機構は、機構の軽量化・省スペース化のために樹脂製のラックとピニオンを用いた機構を採用した。各軸の駆動に関し、一軸は最大負荷トルク $0.75\text{N}\cdot\text{m}$ 、最大回転数10rpm、二軸は最大負荷トルク $3.4\text{N}\cdot\text{m}$ 、最大回転数10rpm、三軸は最大負荷トルク $0.22\text{N}\cdot\text{m}$ 、最大回転数238rpmを必要とし、対応したDCギヤドモータを選定した。各軸のモータはモータドライバで、正転、逆転、急停止できる様に回路を組み、二軸と三軸にはリミットスイッチを取付け、可動域の限界で停止する様にした。

4. ブドウ収穫模擬試験

製作したマニピュレータに鋏式エンドエフェクタを装着して、ブドウ収穫模擬試験を行った。高さ0.7m~1.1m、左右に0.3m作業領域を取り、4果房のブドウ模型を作業領域の境界に配置して、マニピュレータでエンドエフェクタを穂梗に接近させ、穂梗を切断する収穫動作を連続して行った。作業領域内において各軸正常に駆動し、全ての果房を収穫できた。1果房あたりの動作時間は平均17.9秒と目標を大きく上回り、人による操作性に関して課題が残るものの、試験の結果よりエンドエフェクタとマニピュレータは構造上、十分ブドウが収穫できる性能を持つ事が分かった。

5. まとめ

本研究は、垣根仕立てブドウ機械収穫のためのマニピュレータの開発を行った。鋏式エンドエフェクタを製作し、3自由度極座標系マニピュレータの設計、製作を行った。ブドウ収穫模擬試験では、エンドエフェクタ、マニピュレータともに十分にブドウ収穫可能である事が分かった。今後の課題として、操作性向上のためにコントローラの改良や駆動速度の再設定等が挙げられる。