

トマト収穫ロボットの開発

Tomato Harvesting Robot Development

戸島 亮* 岡本 眞二**
Ryou Toshima Shinji Okamoto

トマト収穫ロボットは、施設園芸において人の代わりにトマトを自動的に収穫するものである。トマトの検出から収穫までを自動で実施するために、レール上を自動走行する駆動部と、房・トマト果実・果実周辺の茎などの検出およびその位置認識を行うセンサーを備えている。このセンサー情報に基づきロボットアームおよびエンドエフェクタが動作することでトマトの収穫動作を実現している。さらに遠隔監視制御機能システムにより24H/365日の無人収穫を目指している。

This tomato harvesting robot replaces human labor, automatically harvesting tomatoes cultivated in institutional horticulture. In order to automatically carry out processes from tomato detection to harvesting, it is equipped with a drive unit that automatically travels on rails and a sensor that detects fruit and recognizes the position of clusters, tomato fruit and stems around the fruit. The robot arm and the end effector operated based on information obtained by the sensor in order to perform tomato harvesting operation. Furthermore, we are aiming for year-round, 24-hour unmanned harvesting via a remote monitoring and control function system.

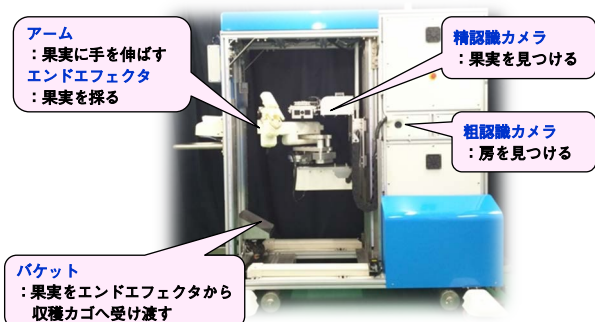
1. ロボット開発の背景・概要

現在日本国内においては、労働力不足が大きな課題として認識されている。特に地方においては、農作業者の雇用が難しくなっている。そのような背景の中、農作業の自動化への期待が高まっている。

我々は農作業の中でも人の作業負担が比較的大きい収穫作業の自動化を目的として、自動化技術、認識技術、制御技術などの要素技術を活かしたトマト収穫ロボットの開発を行ってきた[1]。

実際の開発においては、農園での実証を通じて、現場である農園にとっての使いやすさ、効率性向上という観点でもロボットの検討を行うとともに、実運用上の課題解決にも取り組みながら、検討を進めてきた[2]。

我々が開発してきた収穫ロボット（第1図）は、主に施設園芸での使用を想定している。よって、本収穫ロボットは、トマトの栽培畝と畝の間に設置されているレールの上を、第2図に示す軌道用車輪の働きにより走行する。



寸法: 950 mm (W) × 1600 mm (D) × 1800 mm (H)
重量: 約 200 kg
走行速度: max 30 cm/sec
収穫タクト: 10 秒 / 個

第1図 収穫ロボット
Fig. 1 Tomato harvesting robot



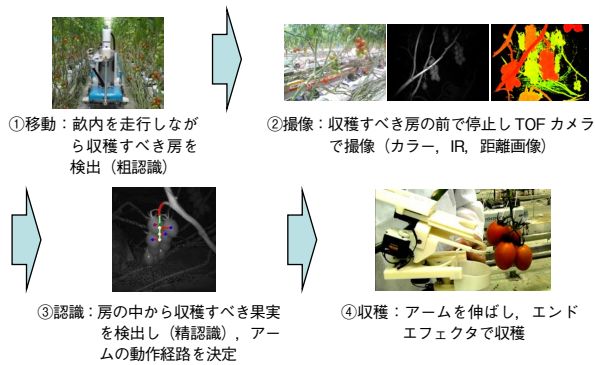
第2図 収穫ロボットの駆動部
Fig. 2 Drive part of robot

その基本的な動作フローを第3図に示す。①移動時にレール上での自己位置を認識しながら房を検出する。②見つけた房の位置で収穫制御用の撮像を行う。このような2段階での認識をすることでタクト短縮を図っている。③認識においては、AIも活用し、果実自身の検出、位置と色、周辺状況（茎や収穫対象果実以外の位置など）の認識を行う。④認識で得られた結果をもとにマニピュレーションの制御を行い、収穫を行う。これらの制御、計算についてはロボットに搭載したPCにより行うことでスタンドアローンでの動作を実現している。

* マニファクチャリングイノベーション本部
ロボティクス推進室

Robotics Promotion Office, Manufacturing Innovation Div.

** パナソニック コネクト株式会社 技術研究開発本部
Innovation Center, Panasonic Connect Co., Ltd.



第3図 収穫ロボットの動作フロー
Fig. 3 Operation flow of robot

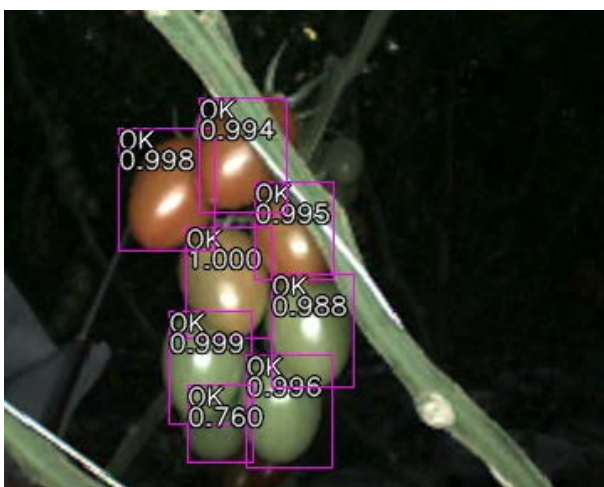
2. 収穫ロボットを構成する要素技術

本収穫ロボットにおいては、時間あたりの収穫数を増やすこととともに、正確に収穫すること、傷を付けずに収穫するという性能面で高いレベルを実現することが重要である。

本収穫ロボットを構成する要素技術の中で、性能に大きく影響するものについて説明する。

2.1 AIと画像処理を用いた認識技術

自動収穫においては、まず収穫対象の果実を高精度で検出することが必要である。果実認識にはAIを用いているが、組み込み機器に最適化した独自の画像認識AIネットワークを構成し、千枚程度のトマト画像データを学習させることで95%以上の検出率を達成した。この学習においては、画像に加工を行い彩度や明るさなどを変化させた画像を用いることで少ない撮像枚数でより効果的な学習を実施した。



第4図 果実の検出結果
Fig. 4 Fruit detection results

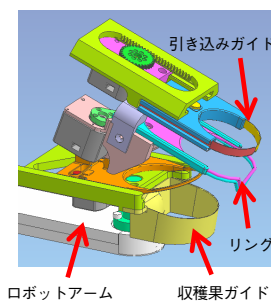
また、第4図に示すように、従来の画像認識では困難であった他の果実との重なりで隠れてしまっているトマトについても、上述のAI学習手法の改善により検出が可能となった。

このような工夫により、従来の画像認識技術では見つけることができなかったトマトを見つけることができるようになり、ロボットが収穫できる果実の個数の増加、生産性の向上にもつながった。

2.2 果実に傷を付けずに収穫するマニピュレーション設計とその制御技術

本収穫ロボットは、およそ40 g以下のトマトを対象としている。人によるトマトの収穫は、果梗（かこう）にある離層と言われる部分で果実を房から引き離す方法である。本ロボットにおいては、実際にもぎ取り動作を実施するエンドエフェクタに独自開発の2重リング方式（第5図）を用いることで、人のもぎ取り動作と同様に、ヘタを付けたまま果実を房から引き離す方法を実現している。

このエンドエフェクタの特徴としては、2重リングの外側のリングで押す力、内側のリングで引っ張る力を加えることで、トマトの離層（作物の節の箇所であり切り離しやすい箇所）で切り離す力を加えていることである。このリングにより、トマト表面に触ることなく、品質面でも雑菌付着の少ない市場優位性ある自動収穫を実現している。



動作説明



第5図 エンドエフェクタの動作
Fig. 5 Operation of end effector

2.3 農園での実用化に向けた技術

農園での使用においては、ロボットを導入することによる経済的な効果を出すことが重要である。そのためには、より正確に、に加えて、より早く収穫することも重要である。そのための要素技術の一つとして、走行中認識と詳細3次元位置認識の2段階認識技術を採用した。この走行中認識においては、走行中に取得した複数の画像による処理での位置認識を行っている。

また、AIによる収穫適否判定機能や収穫難易度判定機能（「収穫不適」や「収穫難」と判定された場合は収穫しない）など、時間当たりの収穫数を向上させる技術の開発も行った。

さらに、安定的な運用を可能とする技術として、茎の巻き込み防止技術を導入することで、ロボットによる茎の引き倒しを防止するなど実用を睨んだ機能も実装予定である。

3. 今後の展望

本収穫ロボットの本格的な実用化に向けては、安定した収穫動作の実現、運用システムの完成度向上など課題も残っているが、農園への導入により、収穫作業者の雇用に関わる問題を解決することができる。さらに将来の無人化や24時間ロボット収穫に向け、安心安全な営農を実現する遠隔監視制御プロトタイプシステムの開発・実証も行い、労働者視点での商品要件の抽出を実施した。今後さらにトマト以外の農産物収穫適用と合わせ、システム仕様の共通化を図る。

また、今回紹介した技術を、他の多くの分野へ活用することで、将来的な労働力不足への対応はもとより、人ができないこと、人がやりたくないこと、をロボットが実施して、より社会の生産性を向上させるようなことにもつなげていきたい。

参考文献

- [1] 上垣俊平 他, “環境認識にAIを用いたトマト収穫ロボット,” パナソニック技報, vol. 64, no. 1, pp. 54-59, 2018.
- [2] 戸島亮, “トマト収穫ロボット,” IEレビュー, vol. 62, no. 1, pp. 43-48, 2021.