

果実収穫ロボットプロトタイプの開発

技術開発のねらい

果実生産の労働ピークは収穫時期等の短期間に集中しており、この軽減が必須の状況となっています。特に収穫に関して、大幅な軽減を行うためには、収穫等を自動化する他には解決法はありません。このため、ジョイントV字樹形等のリンゴ、ニホンナシ、セイヨウナシに利用可能な果実収穫ロボットの開発を行うことにしました。果実を自動収穫するためには、果実の位置を含めた認識が必要ですので、近年実用性が高まっているAI（人工知能）を利用するとともに、RGB-Dカメラ（色画像とともに距離も計測可能なカメラ）も利用することにしました。ニホンナシに関しては、選択収穫を行うために、収穫適期判断も行うことにしました。さらに、収穫後の果実をコンテナに自動で収納し、多くの果実を収納できる多段積み収納システムの開発も試みました。

開発成果の特長：

自動走行車両に牽引されながら、2本のロボットアームにより果実の自動収穫を行います（写真1、写真2）。ここで、AIにより果実を認識し、RGB-Dカメラにより得られる距離情報を統合し、傷をつけないように作られたロボットハンドにより果実を収穫しています。また、収穫した果実は自動走行車両の荷台に設置した果実収納コンテナシステムに送られ、果実収納コンテナシステムでは、コンテナに果実が一杯になると、空コンテナと自動で交換・多段積みしながら自動収穫を続けます（写真4）。1つの枝の果実を収穫した後、次の枝の果実を見つけながら自動走行車両が移動・停止し、再び自動収穫を行います。なお、収穫精度は90%以上であり、1個当たり11秒と、ほぼ人による収穫と同じ速度で収穫が可能です。

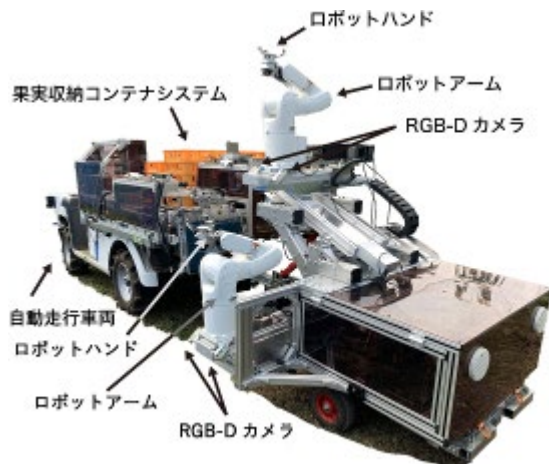


写真1 果実収穫ロボット

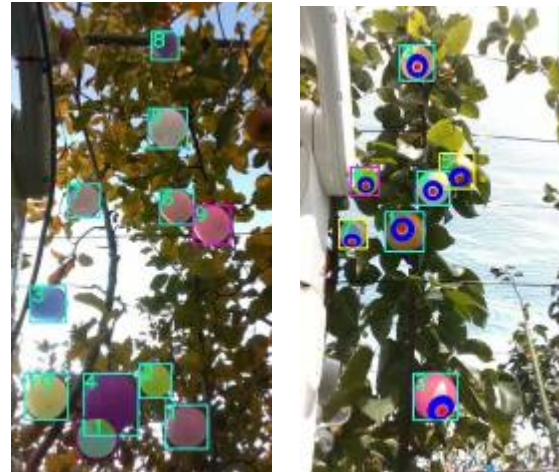


写真3 果実のAIによる認識

左：リンゴ認識

右：ナシ認識と適期判断のためのていあ部認識



写真2 果実自動収穫

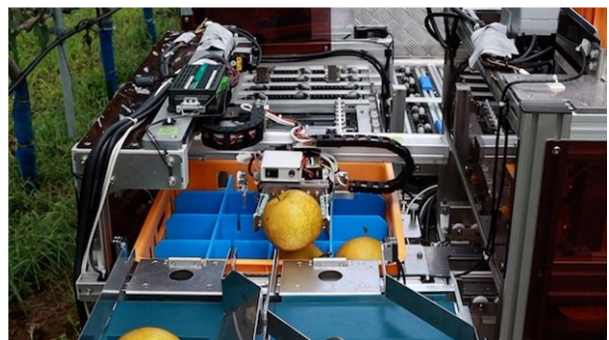


写真4 コンテナへの自動収納

ただし、収穫ロボットが果実を確実に収穫するためには、果実が枝の前面になければならず、樹冠上側の果そうを摘果するなど栽培に工夫が必要です。この作業により摘果は40%ほど作業時間が増えますが、最終着果量はほぼ同じになりますので作業に慣れることで作業時間も同等になると考えられます。労働ピークである収穫の自動化が可能になるため、このような栽培側の工夫・協力が重要な要素です（表1、表2）。

表1 試験区別の各摘果作業に要した時間（10a当たり）と慣行法に対する作業時間の増減率（%）

| 試験区 | 予備摘果 (h/10a) | 本摘果 (h/10a) | 仕上げ摘果 (h/10a) | 総摘果時間 (h/10a) |
|------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| ロボット収穫用摘果区 | 46.6 | 13.1 | 23.2 | 82.9 |
| 慣行摘果区 | 35.8 | 12.7 | 11.2 | 59.7 |
| 慣行対比(%) | 130 | 103 | 207 | 139 |

表2 試験区別の着果数、および収量、果実品質の比較

| 試験区 | 着果数 (果/10a) | 収量 (kg/10a) | 果実重 (g) | 果実糖度 Brix(%) | 地色 | pH | 果実硬度 (lbs) |
|------------|----------------|----------------|------------|-----------------|-----|-----|---------------|
| ロボット収穫用摘果区 | 8933 | 3587 | 415 | 13.5 | 4.4 | 4.8 | 4.4 |
| 慣行摘果区 | 9167 | 3586 | 406 | 13.3 | 4.8 | 4.8 | 4.3 |

今後の展開方向・見込まれる波及効果等：

収穫ロボットの導入のためには、V字樹形等の列状密植樹形の普及が極めて重要です。このような樹形の導入を産地が積極的に推進できるように、農水省の支援もあります。機械化が容易な樹形の普及とともに果実収穫ロボットが果樹生産現場に導入されることで、次世代の後継者である若者に魅力のある果樹生産技術を提示できるとともに、新規参入者や女性の参入を促すことで新たな果樹産地の発展にもつながることが期待されます。

特許・品種・論文等

- ・特許：特開2019-209389「ロボットハンド」
- ・論文：Y. Onishi, T. Yoshida, H. Kurita, T. Fukao, H. Arihara, and A. Iwai: An automated fruit harvesting robot by using deep learning. Robomech Journal, 6(13), 2019.
- ・動画：<https://www.youtube.com/watch?v=xduUuIIIdKDY>

研究担当機関名：（学）立命館大学、（株）デンソー、（研）農研機構果樹茶業研究部門、神奈川県農業技術センター、宮城県農業・園芸総合研究所、新潟県農業総合研究所

問い合わせ先：（学）立命館 立命館大学 総合科学技術研究機構 深尾研究室
電話 077-561-5070 E-mail ml-ives-sec@ml.ritsume.ac.jp

執筆分担 （学）立命館大学 深尾隆則、栗田寛樹、吉田武史、（株）デンソー 西野秀幸