

辻陽仁\*, 小田まり子\*\*

(\*久留米工業大学情報ネットワーク工学科, \*\*久留米工業大学教授)

## 1. はじめに

少子高齢化が進行する日本では、農業分野の人手不足、後継者不足問題が深刻である。京都の中山間地域の中丹地域を主産地とする万願寺トウガラシの生産現場でも労働者不足は深刻であり、夏期のハウス内での作業の過酷さも相まって、現場の労働負担はさらに深刻化している。

そのため、トウガラシ栽培農家からは労働時間の約40%を占めるトウガラシ収穫作業の省力化・軽作業化が求められている。トウガラシ収穫のための位置特定を行う物体認識モデルの研究も行われているが、自動収穫ロボットに搭載するAIモデルは、果実認識のみならず、切断点を正確に判断するための果梗（ヘタ）認識、ならびに果実の形状や果長の推定を行う必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、自動収穫ロボットに搭載する骨格検知AIを用いた万願寺トウガラシ果実・果梗検出AIモデルを開発する。実証実験を繰り返しながら、モデルの認識精度の向上を図る。

## 3. 実験・製作

### 3.1 トウガラシ果実のアノテーション

果実の学習において、果長の推定に必要なキーポイントを骨格点として設定した(図1)。これにより「切断点」、「果梗」、「果実中央」、「果実先端」の4座標を取得できる。葉や果実の重なりで隠れている部分のキーポイントも、roboflowを用いたアノテーション時にOccluded(×隠れている)に設定することで、位置を予測して検出できる(図2)。

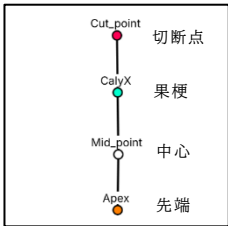


図1：キーポイント設定

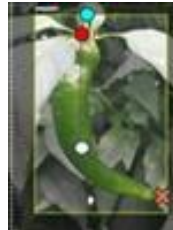


図2：学習画像

### 3.2 骨格検知AIによる果実認識・骨格推定

京都府農林センターで撮影された映像から果実画像を切り抜き、アノテーションを行った。200枚の画像データセットを用いて、YOLOv11-poseによる果実認識AIモデルを作成した。

## 4. 研究の成果

本AIモデルによるトウガラシ果実の検出とキーポイント推定の実験を試みた。テスト画像による認識精度検証の結果を以下に述べる。

### 4.1 果実推定成功例

図3のように、果実全体が見えている場合、果実全体の認識、ならびに4点のキーポイントの検出は高い精度

で推定できることが確認できた。

また、図4のように果実の一部が葉で隠れている場合でも、果梗の特徴的な部分と果実中央部が見えているならば、キーポイントの検出精度は若干下がるものの、問題なく認識できている。また、葉で隠れていて見えない切断点にも、予測して実際に近い位置にキーポイントを置けている。



図3：果実全体視認

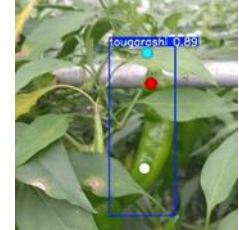


図4：果梗視認

### 4.2 果実推定失敗例

図5のように果実同士が重なっている場合、一つの果実として認識され、検出できなかった。

また、図6のような曲がり角が大きい果実の場合、果実自体は認識するものの、キーポイント推定に失敗する場合がある。



図5：果実の重なり例

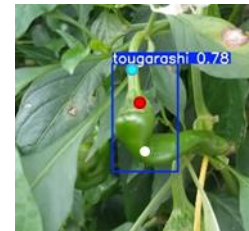


図6：曲がり角の例

(注：図3から図6のキーポイントは拡大表示)

## 5. まとめ・今後の展望

果実認識実験の結果、トウガラシ果実の中央部と果梗または果実先端のいずれかが視認できる場合、十分な精度でトウガラシの検出とキーポイント検出ができる。しかし、果実の重なりや曲がり角が大きい形状の果実においては検出には問題があることを確認できた。今後、さまざまな形状の果実の画像データセットを増やすとともに、多様な環境条件での果実画像を用いた再学習により、AIモデルの認識精度の改善を図っていく必要がある。

また、キーポイント検出により、果梗と果実先端の座標を取得できたので、今後はその座標情報からトウガラシの果長の推定を行うシステムを開発していく。

## 参考文献

- [1] Hailin Chen et al. YOLO-Chili: An Efficient Lightweight Network Model for Localization of Pepper Picking in Complex Environments. Appl. Sci. 2024, 14(13), 5524 (2024);