

## ワイヤカメラを用いた一畝果実個数と位置推定の検討

渡邊 陽太<sup>†</sup> 栗原 徹<sup>‡</sup>高知工科大学<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

高知県では、温暖な気候を活かした施設園芸農業に力を入れており、平成 31 年から Next 次世代施設園芸農業 IoP(Internet of Plants)の研究を進めている。農業従事者の高齢化は深刻な問題[1]となっており、農業における省力化を実現するために、自動収穫を行うロボットの開発や果実の分類を行う研究が行われている。次世代環境制御ハウスでは、炭酸ガスの施用などによる環境制御によって、収量予測に基づいた販売計画を行うことが可能である。そのため、果実の正確な収量予測が必要とされる。定点カメラを用いたキュウリの分類を行う研究[2]が行われているが、畝全体の収量予測を行うためには定点カメラが複数個必要であることや実際の果実位置の把握が難しい。

本研究では、ワイヤ上を走行するカメラから得られる動画を用いて、一畝におけるキュウリの果実検出を行い、実際の果実の位置を明確にすることを目的とした。

## 2. 提案手法

本研究の流れを図 1 に示す。全方位カメラによって得られた動画に対して、歪み補正を行い、点群の作成、Yolov8 のキュウリの分類モデルの作成、ByteTrack によるトラッキング、トラッキングデータの ID の付け直し、再び求めた ID を用いて果実の位置検出を行った。

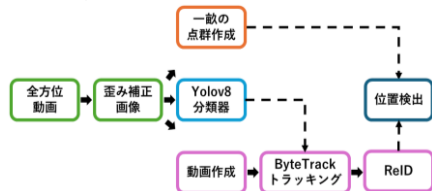


図 1 全体の流れ

## 2.1. 使用機材

畝と畝の間に鉄パイプを設置し、その間にワイヤを張ることで、ワイヤ上を走行させた。撮影している様子を図 2 に示す。ワイヤカメラは

Wiral Lite と Insta360X3 を接合して使用し、秒速 1cm の定速モードで撮影を行った。



(a) ワイヤカメラ (b) 撮影様子

図 2 ワイヤカメラの撮影様子

## 2.2. 使用データ

本実験では、使用データとして高知工科大学に隣接されてある施設園芸ハウスにて 2023 年の 7 月から 11 月に撮影されたものを使用した。Insta360X3 はホワイトバランスを 5000K、撮影形式を 180 度 HDR 動画として、レンズが畝側に向くように設置し、進行方向に対して左側と右側で撮影を行い、この動画を解像度 4000 × 4000pixel で mp4 形式に変換し、画像として書き出したものを魚眼レンズ用の歪み補正を行った。

## 2.3. Yolov8 分類器の作成

本研究では、Yolov8 を用いてキュウリの分類器を作成した。学習データは 2023 年 7 月 12 日から 2023 年 8 月 4 日までに撮影された左右の畝の合計 457 枚の画像を使用し、データ拡張として translate=0.1, fliplr=0.5, mosaic=1.0 を用いた。検証データは 2023 年 10 月 10 日から 2023 年 11 月 13 日までに撮影された左側の畝の合計 17 枚の画像を学習結果における予測精度の検証に使用し、テストデータは 2023 年の 11 月 22 日に撮影された左側の畝の画像をモデルの精度を測るために使用した。なお、キュウリの畝は 9 月に植え変わっている。Vott でキュウリの果実のみのラベルを付け、事前学習済みの重みは yolov8-m を使用した。

## 2.4. ByteTrack でのトラッキング

使用する動画は、2023 年 11 月 22 日に撮影した。動画から歪み補正を行った画像を使用し、解像度を 1280 × 1280、フレームレートを 29.97fps として 13 分 2 秒の動画を作成した。トラッキングとして yolov8\_tracking を使用し、ByteTrack によってトラッキングを行った。

<sup>†</sup>Yota Watanabe, Toru Kurihara<sup>‡</sup>Kochi University of Technology

## 2.5. ID の対応付け直し

ByteTrack は、オクルージョンにも対応し ReID ができる手法として提案されたものであるが、使用したテストデータの結果では、21 フレームでのオクルージョンによる ID の移り変わりや同一の ID と対応付けされなかった場合が確認された。そこで、本研究では、別々の ID と判断されてしまったものを、再び同一の ID と割り当てる方法を検討した。以下の判定を全ての ID に対して行う。(1)対象の ID における移動量をフレーム数で割り、移動平均量を算出し対象以外の ID に対して下記の判定を行う(2)対象以外の ID とのフレーム数を(1)で求めた移動平均量を乗じて座標を算出(3)対象の ID の BB の中心位置が(2)で求めた座標が中心になるように BB 分の大きさの判定条件領域を作成(4)対象以外の ID の始まりの画像座標が(3)に含まれた場合に候補ペアとして、既にペアがあった場合、下記の判定を行う(5) 候補ペアの始まりの ID と既にあるペアの終わりの ID が同一である場合、または候補ペアと既にあるペアの始まりの ID が同じであり、候補のペアの終わりの ID の値の方が大きかった場合は、既にあるペアの終わりの ID に候補となる終わり ID を代入(6) (5)の判定を満たさなかった場合に新たなペアを作成(7)対象の ID を変更し、(1)に戻る

## 2.6. 位置検出

位置検出は PIX4Dmapper を用いてテストデータの点群を作成し、得られたカメラ外部パラメータと求めた ID の両端の画像座標を用いて位置検出を行った。このとき、同一 ID のフレーム数が 150 を超える場合に以下の手順で位置を求めた。(1)カメラの K 行列の逆行列と画像座標からスクリーン座標を算出(2)カメラ座標での位置を算出(3)最小二乗法によって物体の位置までの距離を算出(4)世界座標での位置を算出

## 3. 結果

### 3.1. Yolov8 分類器のテスト結果

学習したベストモデルの評価は Predict が 0.832, Recall が 0.741 であった。評価データのベストモデルを使ったテスト結果を図 3 に示す。



図3 学習モデルのテスト結果

### 3.2. ID の付け直しの結果

2 分間の動画で提案法の評価を行った。標準の ByteTrack では ID の付け替えが 138 回起きたが、

提案法により ID の付け直しを行った結果、44 回に減らすことができた。

### 3.3. 位置検出の結果

位置検出によって求めた点と作成した点群の重ね合わせた結果を図 4 に示す。赤色はカメラ位置を表しており、緑色の点は位置検出の点を表している。結果から、実際の果実から離れた位置で求まってしまっている点が存在した。また、実際には存在しない箇所に位置が求まってしまっているものも確認された。

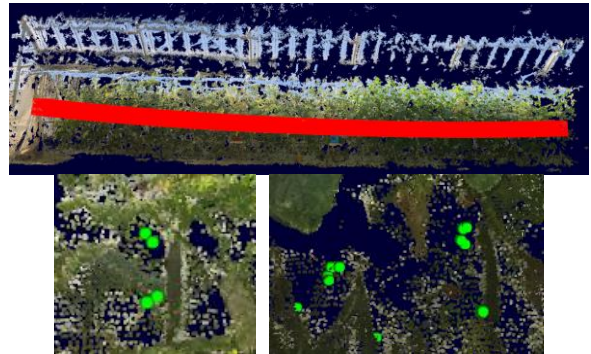


図4 重ね合わせた結果

## 4. まとめ

本研究では、ワイヤ上を走行するカメラから得られた動画を用いて、一畝におけるキュウリの果実検出を行った。トラッキングによる頻繁な ID の移り変わりやキュウリではないものを認識してしまった原因として分類器の精度が原因であると考えられる。また、正確な位置検出を行うためにオクルージョンを含む認識結果の考慮や位置検出を行う際の最適なフレーム間隔を見つけることが今後の課題である。

**謝辞** 本研究は、内閣府地方大学・地域産業創生交付金「IoP(Internet of Plants)が導く、「Society 5.0 型農業」への進化」及び「IoP(Internet of Plants)が導く、「Society 5.0 型農業」への進化」の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 農林水産省, "農業労働力に関する統計", <https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>, 2024 年 1 月 10 日閲覧
- [2] X.Xu et al, "Cucumber Flower Detection Based on YOLOv5s-SE7 within Greenhouse Environments", IEEE Access, pp. 64358-64369, (2023)
- [3] X.Li et al, "Fast Recognition and Counting Method of Dragon Fruit Flowers and Fruits Based on Video Stream", Sensors 2023, 23, 8444