

堤勇大*, 小田まり子*

(*久留米工業大学大学院電子情報システム工学専攻)

1. 研究背景

摘粒とは一粒一粒の果粒が成長するための十分な空間を空けるために行うブドウ栽培のプロセスの一つである。この工程は、果房の形や果粒の大きさ等の外観や糖度に影響し、これらの特徴は市場価値に影響する。そのため、摘粒はブドウ栽培における重要な工程である。

しかし、ブドウの摘粒には専門的な技術が必要であり、摘粒方法の解説動画を視聴しても、動画だけでは理解が困難である。また、栽培するブドウの品種や果房整形の方法でも摘粒方法が変わるため、未熟練農家には覚えなければならないことが非常に多いという課題がある。

2. 研究の目的

本研究では、画像認識技術を用いて一房にある果粒を認識し、専門的な技術がない新規就農者でも熟練農家から直接指導を受けることなくブドウの摘粒作業ができるようにする「ブドウの摘粒支援システム」を開発する。

3. 研究内容

ブドウ農家協力の下、摘粒前後の画像を収集し、データセットを作成し学習を行った後、YOLO11-0BB(Oriented Bounding Boxes)^[1]を用い、静止画像から果房と果房の中にある果粒の認識を行った。

1) 果粒の向き検出

摘むべき果粒の判断基準の1つに果粒の向きがある。向きを検出するためにYOLO11-0BBを用いて果粒の認識と向き検出を行った。YOLO11-0BBは通常の物体認識と異なり角度を加えてバウンディングボックスが描画される。それにより、果粒の向きを求めることができる。図1に果粒の向きを考慮した検出の様子を示す。図1には上向きとして検出された果粒が赤色で、下向きの果粒が青色のバウンディングボックスで描画されている。

また、表1に、図1における果粒認識率を、表2に認識された果粒における向きの正解率（適合率）を示す。ただし、果軸より奥の果粒または隣接する果粒に隠れていて向きの特定が難しい果粒については現画角での摘粒対象外とし、表2、表3における果粒の計数及び向き検出の対象から除外している。

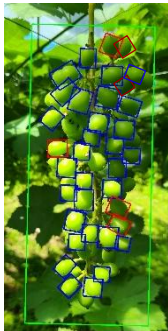


図1 OBBによる果粒の向き検出の結果

表1 果粒認識精度評価

認識果粒数	実果粒数	認識精度
36	45	80%

表2 果粒の向き適合率評価

	正解数	誤り数	合計	適合率
検出数	31	5	36	86%

2) 物体認識と深度推定AIによる果粒と果軸の位置推定

摘粒するか否かの判断には、果粒と果軸、ならびに果粒同士の位置関係も重要である。そこで、果粒と果軸の位置関係を求めるために単眼深度推定 Depth-AnythingV2^[2]を使用し、画像全体の深度値を求めた。さらに、YOLOの物体検出で果房、果粒、果軸の領域を検出し、深度情報と組み合わせて各果粒と果軸の深度値を求めた。

図2(a)の元画像に対してDepth-AnythingV2を用いて深度推定した画像が図2(b)である。そして認識後に得られる果粒と果軸の座標と回転角を用いて深度情報から深度値を取り出し、図2(c)の果粒番号の深度値を可視化した画像が図2(d)である。

図2(a)のRGB画像と図2(b)の深度画像を比較すると、手前にある果粒と奥にある果粒が色の違いによって位置が表現されていることを確認できた。図2(d)からでも、図2(a)の果粒に囲まれているNo.19の果粒とその周辺にある果粒との深度値を比較すると約0.5~2.2の差が見られた。

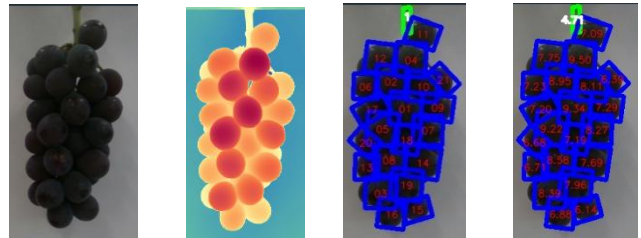


図2 Depth-AnythingV2を用いた深度推定

この結果から、深度推定から得られる深度情報を用いることで、奥にある果粒を特定し摘粒予測に活用することが可能であることを確認した。

4. 今後の展望

今後、果粒の認識精度90%以上、果粒の向きの適合率90%以上を目標に、引き続きぶどう農家の方とともに学習用画像の収集を行い、学習モデルの改善を行う。

その後、深度と向きの情報を利用した摘粒予測を行い、摘粒予測の精度評価を行う。また、現在の摘粒予測は、リアルタイム性を考慮していないため、摘粒予測速度の向上についても検討を行う。

参考文献

[1] Rahima Khanam, Muhammad Hussain, "Yolov11: An overview of the key Architectural Enhancements", arXiv preprint arXiv:2410.17725, 2024

[2] Lihe Yang, et al, "Depth Anything V2", Advances in Neural Information Processing Systems 37 (2024), 21875-21911