

AI を用いたぶどうの摘粒支援システム開発 ～画像解析による果粒の向き予測～

概要 「摘粒」とは一粒一粒の果粒が成長するための十分なスペースを空けるために行う間引きである。房の形、実の大きさといった外観の特徴は市場価値に影響するため、摘粒はぶどう栽培における重要なプロセスである。また、成長するための十分なスペースは、外観だけでなく、糖度にも大きく影響する。本研究では、専門的な技術がない新規就農者でもぶどうの「摘粒」ができる「ぶどうの摘粒支援システムの開発」を研究目的とする。提案システムでは、除去すべき果粒を特定するための物体検出に YOLO を採用し、間引きすべき果粒の提示には拡張現実技術を使用する。摘粒すべき果粒を選ぶ際には、果粒の向きと、重なった果粒同士の位置の前後関係（表か奥か）の把握が重要である。そこで、物体の方向も認識できる yolo11-OBb を用いて果粒の向きを求めてみた。また、果粒の前後位置関係を把握するための手段として Depth-AnythingV2 を用いて、深度推定も試みた。

キーワード：摘粒、画像認識、物体検知、果粒の向き予測、YOLO11、OBb、Depth-AnythingV2

1. まえがき・背景

「摘粒」とは一粒一粒の果粒が成長するための十分なスペースを空けるために行う間引きである。摘粒は房の形、実の大きさといった外観に影響を与えるため、ぶどう栽培における重要なプロセスである。ぶどうの栽培において、「摘粒」に適した期間は 3 週間程度と限られている。しかも、その短い期間に摘粒を 2～3 回繰り返し行う必要があるため、摘粒作業がぶどうの収穫量の制約となっている。また、摘粒には専門的な技術が必要であり、房の形が良く、粒が大きいぶどうを生産するには熟練者が持つような知識が必要である。動画配信サイトにある摘粒方法の解説動画を視聴してみても、動画だけでは理解が難しい。また、栽培するぶどうの品種や摘む果粒の数によって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. 目的

本卒業研究では、画像認識技術を用いて一房にある果粒を認識し、果粒の個数、果粒の向きなどの検知することにより、新規就農者でも効率よくぶどうの「摘粒」ができる「ぶどうの摘粒支援システムの開発」を研究目的とする。最終的には、スマートグラスをかけてブドウの房を見ると、AR 技術により間引きすべき果粒が提示できるようにしたいと考えている。卒業研究では、果粒を摘粒するかどうかの基準として利用する果粒の向きや重な

った果粒同士の位置（前後）関係を検知する。

3. 研究方法

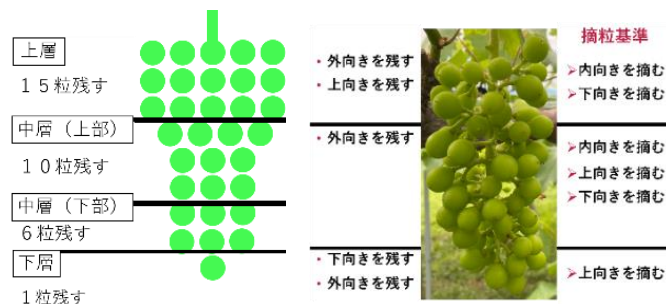
本研究は以下の手順で取り組む。

- ・手順 1 果粒を認識させるための機械学習
- ・手順 2 果粒の向きを推測
- ・手順 3 隣接する果粒の前後位置関係把握
- ・手順 4 向きと位置関係から摘粒すべき果粒の提示
- ・手順 5 摘粒予測結果の検証

4. 研究内容

1) 摘粒基準の明確化

ぶどうの農家の方からぶどうの摘粒基準を教えてください。摘粒の際に残す果粒の数の目安と摘粒基準をまとめたものを図 1 に示す。



(左)果粒の数の目安 (右)摘粒と残す果粒の基準

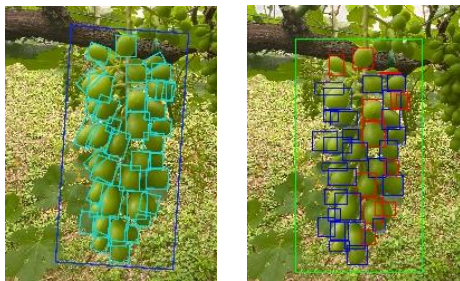
図 1 ぶどうの摘粒基準

摘粒を行う際、一房のぶどうを上段、中段、下段

の三層に分け、図 1 に示した各層の基準に従って摘粒を行う。摘粒するためには、果粒の向きと果粒の位置関係を把握し、摘むべき果粒と残す果粒を選択する必要がある

2) Oriented Bounding Boxes による果粒の向き予測

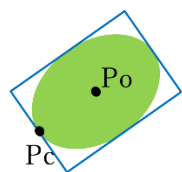
YOLO11^[2]の Oriented Bounding Boxes (OBB) を用いて、果粒を検出した。OBB を用いることによって、図 2 (左) のように果粒の向きに合わせて傾いたバウンディングボックスが描画される。



左)OBB の結果 右)果粒の向きによる分類

図 2 OBB の結果と果粒の向きによる分類結果

図 2 左のバウンディングボックス各々の 4 点の座標を利用することで向きを検出することができると考えた。果粒の向きの検出方法は果粒が房の左にあるか右にあるかで変わってくる。図 3 の果粒モデルの場合、房の左側に果粒がある場合は、果粒の中心座標 P_o と果粒のバウンディングボックスの左側にある短辺の中心 P_c と比較し、 P_o が上にあれば下向き、下にあれば、上向きと判定できる。逆に房の右側に果粒がある場合は判定が逆になる。



この基準で方向を判定した結果が、図 2 (右) である。

図 3 果粒モデル

図 2 (左) より、房の左側部分の果粒の向きの検出精度は高いが、右側部分の検出精度は低い。しかし、ぶどうを回転させ、果粒を立体的に捉えれば、向きを正しく検出できる可能性がある。

(3) 深度推定による果粒の前後位置関係把握

果粒の前後位置関係を把握するために Depth-AnythingV2^[3]を用いて深度推定を行った。図 3 にように前方にある果粒ほど赤く、遠くなるほど青く描画されており、位置関係、距離を推定できているとわかる。実際の摘粒作業では今回実験に用いたぶどうの画像より、房に近づくことができる

ため、より正確な深度推定ができると考えている。



(左)ぶどう画像 (右)深度推定画像

図 3 Depth-AnythingV2 の深度推定結果

5. 結果

房と果粒の認識は物体検出を用いる事で認識させることはできた。YOLO11 の OBB の 4 点の座標から果粒の向きを検出したが、全ての果粒の向きを正しくとらえることは困難であった。Depth-AnythingV2^[3]を用いた深度推定で位置関係の抽出が可能であることを確認した。

6. 考察

本研究では 2 次元の果粒画像を対象としたため、果粒を立体的に捉えることが難しく、全ての果粒の向きを正しくとらえることはできなかった。これに対してはぶどうの向きを変えることで、対応できるかもしれない。深度推定による果粒の前後位置関係を知ることができているため、この情報も果粒の向きの判定で利用したい。

7. 結論・まとめ

本卒業研究ではぶどうの房と果粒の認識までを実装できた。しかし、YOLO11 の OBB で全ての果粒の向きを正確に捉えることは難しかった。今後は Depth-AnythingV2 による深度推定結果も利用し、向きの推定を行っていく。

参考文献

- [1] ブラウイット・ブアヤイ、カビン・ヨクイン、井上大輔、西崎宏光、牧野浩二、マオ・シャオヤン、Supporting table grape berry thinning with deep neural network and augmented reality technologies, 2023 年 9 月 6 日
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169923005823>
- [2] YOLO11 NEW -Ultralytics YOLO Docs
<https://docs.ultralytics.com/ja/models/yolo11/>
2024/11/15 アクセス
- [3] 単眼深度推定のアルゴリズム Depth-Anything を試す
https://zenn.dev/hacarus_blog/articles/f7b404dcf2734a
2025/1/12 アクセス