

NeRF による果実数推定の検討

1250279 新谷 光城

【 画像情報工学研究室 】

1 はじめに

ユズにおける果実数・葉数把握は、摘果数決定や収量予測において重要な事項である。しかし、手作業での計測は非効率であり農業人口減少が進む現状、計測自動化が求められる。先行研究では、LiDAR にてユズ樹木の点群化を行い葉数推定をしているが [1], LiDAR は高価で色情報を持たないという制約がある。そこで本研究では、ニューラルネットワークによる 3D シーンの密度分布と視線依存の放射輝度を表現する技術である NeRF (Neural Radiance Fields) を活用した果実数推定手法 FruitNeRF を用い、ユズ果実数自動推定を試みた。

しかし FruitNeRF で使用される、任意のテキスト入力に基づいて画像内領域を検出・セグメンテーション可能な手法である Grounded-SAM [3] には自然環境下での適応性が低く、特に緑果実に対する検出精度が不十分である (表 1)。本研究では、HDR 画像を撮影し、トーンマッピング処理を施すことで自然環境下での検出精度向上を図る。また、YOLO11 を用いたセグメンテーション学習を導入することで、従来手法である Grounded-SAM を上回る精度を実現することを目的とする。

表 1: 仮想と自然環境での Grounded-SAM 検出精度

果実条件	Precision	Recall	F1-Score
Blender リンゴ樹木	0.79	0.73	0.76
Blender レモン樹木	0.85	0.72	0.78
自然環境黄色ユズ樹木	0.63	0.57	0.60
自然環境緑色ユズ樹木	0.61	0.33	0.42

2 実験手法

Grounded-SAM と YOLO11 によるセグメンテーション精度の比較を行った。この際、HDR 画像を撮影し、トーンマッピング処理を施すことで自然環境下における検出精度の向上を検証した。またアノテーションの際には、ユズ果実であることが明確に判断できるものと、黒つぶれにより葉と果実の区別が困難である不確実なものが確認されたため、果実を「確実な果実」と「不確実な果実」の 2 クラスに分類して学習を実施した。

本研究では、2024 年 10 月 20 日に高知県北川村加茂の農場で撮影した 16 本のユズ樹木画像を使用した。このときユズ樹木間隔が狭く、通常カメラでは画角内に全樹木を収めることが困難なため、全天球カメラである THETA Z1 を使用した。撮影したパノラマ画像は ffmpeg を用いて 12 分割し、歪み補正を施した画像を使用した。YOLO11 の学習時には train データ 142 枚、validation データ 27 枚、test データ 27 枚を使用し、データ拡張には色空間変換、平行移動、回転を適用した。

3 実験結果

自然環境下緑色ユズ樹木に対する元画像・トーンマッピング処理による Grounded-SAM・YOLO11 の検出精度を以下の図 1 に示す。

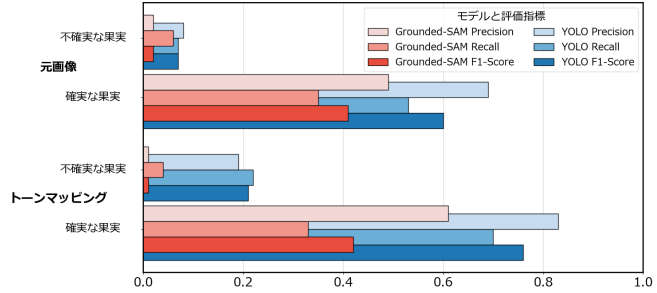


図 1: YOLO11・Grounded-SAM による自然環境下ユズ果実検出精度

YOLO11 を用いた検証の結果、トーンマッピング処理を施すことで緑色ユズ樹木に対する検出精度向上が確認された。また、Grounded-SAM と YOLO11 のセグメンテーション精度を比較したところ、YOLO11 がより高い精度を示した。しかし、「確実な果実」クラスの F1 スコアが 0.76 と高い精度を示した一方、「不確実な果実」クラスの F1 スコアは 0.21 と低い精度に留まった。

4 結論

本研究では、自然環境下での緑色果実の検出を目的に、YOLO11 と HDR 画像のトーンマッピング処理を組み合わせた手法を用い、Grounded-SAM と比較を行った。結果、YOLO11 のセグメンテーション精度は Grounded-SAM を上回ったが、「不確実な果実」クラスでは精度が低かった。これは不確実な果実の多くが黒つぶれして輪郭があいまいになり、十分な特徴量が得られなかったことが原因と考えられる。また、アノテーション時に「確実な果実」か「不確実な果実」の判断基準があいまいな場合があり、これも精度低下に影響したと考えられる。

今後は本研究で構築した YOLO11 学習モデルを活用して FruitNeRF を用いた果実数カウントを行い、Grounded-SAM との結果と比較し、その精度を検証する必要がある。

参考文献

- [1] 末廣いのり, et al., “歩行型 LiDAR データを用いた主成分回帰 (PCR) による葉数推定法の検討”, DIA2022, IS4-7, 2022.
- [2] Lukas Meyer, et al., “FruitNeRF: A Unified Neural Radiance Field based Fruit Counting Framework”, arXiv:2408.06190, 2024.
- [3] T. Ren, et al., “Grounded SAM: Assembling Open-World Models for Diverse Visual Tasks”, arXiv:2401.14159, 2024.