

平田一翔*, 八坂亮祐**, 小田まり子**

(久留米工業大学 工学研究科 電子情報システム工学専攻*, 久留米工業大学 AI 応用研究所**)

1. まえがき

一般にキュウリ果実の品質評価は、果形、果皮部の状態および果長などの物理的特徴に基づいて評価される。現在の評価方法は、多くの場合目視であり、人の主観が入り、かかる労力も大きい。

これまでの研究では、果実の2D画像から品質評価（品質の低い順にA, BおよびC）を試みた。結果はキュウリ果実3等級でいずれも50%以上で分類できたが、実用にはまだまだ改善が必要であった[1]。この原因として、果実の設置角度により、形状の見え方が異なることがAIによる評価に影響を与えていると考えた。

本研究では、果実の設置角度に影響されない3D座標データによって、品質評価を行うシステムを開発し、品質管理の効率化を目指す。

2. 外観品質評価システムの開発

2-1. 果実データの収集

果実21本分の果長、太さおよび重さデータを収集した。果長についてはヘタ側の先から花側の先をメジャーで測定した。太さはノギスで最も太い部分と最も細い部分を測定し、重さは計量器で測定した。そして、現場の品質評価者に測定した果実の等級分類を行ってもらった。また、深度カメラRealSenseとPythonモジュールのOpen3Dを用いて、RGB画像と深度画像から3D座標データを取得した。ここで、被写体のみをトリミングするために、YOLO[2]で果実を検出マスキングし、マスク部分を対象としてOpen3Dによる3Dデータ化を行った(図1)。

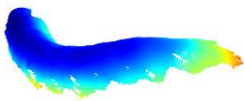


図1 果実のみを3Dデータ化

2-2. 3D座標データの欠損部の補填方法の検討

作成した3D座標データは欠損部があり、太さの推定が困難なため凸包による穴埋め処理を行った。穴埋め処理の誤差を小さくするため、果実を4部位(基部, 中央部1, 中央部2および先端部)に分け、各部位の3D座標データを用いて行った。これにより果形の推定精度が向上した(図2)。

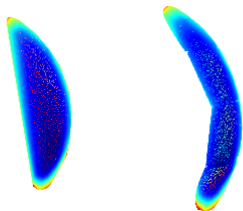


図2 前処理なし(左図)と前処理あり(右図)

2-3. 3D座標データから特徴量を抽出する方法の検討

3D座標データの長さ、太さ、体積、重さおよび曲率半径の5つをそれぞれ順に求めた。まず、3D座標データ全体を主成分分析し、第一主成分を取得した。これをもとにスプライン曲線を作成し、その端点を結ぶ線分を長さとした(図3左)。次に作成したスプライン曲線を形成する点間で、直交し、かつ、端点が3D座標データ内に収まる線分を作成し、最大の線分を太さとした(図3右)。次に、それぞれの断面積を求め、総面積と長さの積により体積を求めた。次に、体積と密度の積により重さを求めた。密度は果実の水分量が影響するため、代表値を0.95とした。一般パラメータによる曲率を求める式を用いて曲率を算出し、その逆数を算出することにより、曲率半径を求めた。

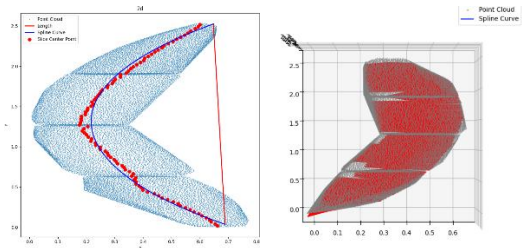


図3 スプライン曲線(左図)と太さ推定(右図)

2-4. 推定精度の評価

推定した太さは実測値との差で精度評価を行った。二乗平均平方根を算出すると、約0.503cmとなった。これは深度カメラRealSenseの誤差や3D座標データの欠損部の補填による誤差が原因として考えられる。同様に、推定した重さも精度評価を行った。二乗平均平方根を算出すると、約27.4gとなった。これは太さの誤差による差であると考えられる。いずれも現場の品質評価基準を満たしていた。

3. まとめと今後の展望

2D画像からでは得られなかった果形をRealSenseカメラで取得した3D座標データから算出することができた。今後、これらの客観的指標を用いて果実の品質評価を行うことにより、主観的评价によるばらつきを抑えた上で、分類精度の向上を目指す。現在、キュウリ果実の品質分類基準には統一的な定義がない。本研究を発展させ、本指標を用いた品質評価基準を定め、統一的な定義として提案していきたい。

参考文献

- [1] 平田 et. al, “機械学習によるキュウリ果実の外観品質評価システムの開発,” 2024年度電子情報通信学会総合大会, B-15-26, 2024年3月.
- [2] Khanam & Hussain, YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements, 2410.17725v1, arXiv, 2024