

長楕円体状青果物を対象とした6面同時撮像による全面検査選別システムにおける 識別性能評価および性能向上の検討

人工知能研究室

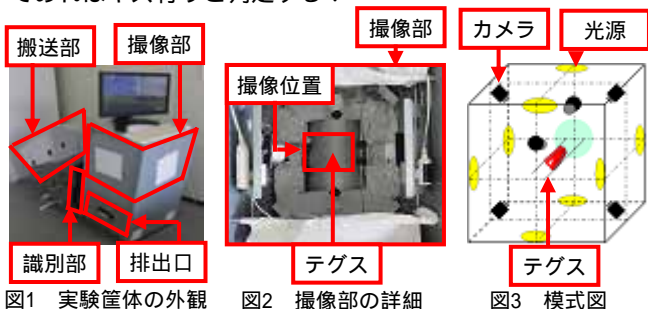
清藤 裕幸

1. はじめに

現在、青果物を対象とした選別機は重量を選別基準としたものがほとんどであり、外観品質の選別作業は長時間の目視により行われているため、作業員の負担および選別基準のばらつきによる商品価値の低下が問題となっている。本研究では、長楕円体状青果物を対象として、選別作業の自動化および選別基準の均一化を目的とした全面検査選別システム⁽¹⁾の開発を行う。本論文では、JA 芸西村の農作業従事者が選別した赤ピーマンを用いて大きさ、キズ、および形状不良の識別性能評価を行うと共に、新規のキズおよび形状不良に対応するため、撮像環境および識別手法の改良について検討する。

2. 長楕円体状青果物全面検査選別システム

本システムは、搬送部、撮像部、識別部により構成されている(図1)。搬送部では、複数個の選別対象をベルトコンベアおよびテグスを用いて1個に分離し、撮像位置まで搬送を行う。撮像部では、6面同時撮像により選別対象の全面の撮像を行う。ここで、撮像部の詳細を図2に、模式図を図3に示す。その場合、選別対象の鏡面反射を抑制するため、拡散フィルターを取り付けた拡散板付きLED光源を8個用いる。識別部では、まず色情報を用いて対象物の特定を行う。その際、色空間として人間の視覚を近似する様に設定されたL*a*b*空間を採用し、6枚の撮像画像に対して得られた2値化画像に対して膨張・収縮処理を行うことにより選別対象を抽出する。その後、抽出された対象物の面積により大きさを判定する。さらに、対象に対して長方形近似を行い、縦横比が一定値以下の場合を形状不良と判定する。また、対象物の内部において、輝度が一定値以下の領域の面積が一定値以上であればキズ有りとして判定する。



3. フィールドにおける識別性能評価実験

本実験では、JA 芸西村集出荷場において、2人の農作業従事者が目視により選別した赤ピーマンをそれぞれ60個、40個、計100個を用いて、大きさ、キズ、および形状不良それぞれに対して識別性能評価実験(以下、フィールドテスト)を行った。結果、「大」の識別率は100.0%、「小」の識別率は17.5%であった。その場合、それぞれの選別者ごとに「小」を「大」と見なす誤り率を0%となるように識別パラメータを変更した結果、「大」の識別率は90.0%、「小」の識別率は100.0%となった。これにより、ピーマンの品種あるいは選別人の違いが大小の選別基準の違いの要因となっていると考えられる。一方、キズの識別率は53.0%、形状不良の識別率は

72.0%であった。ここで、キズの検出失敗の主要因は、農作業従事者の選別基準が、これまで等階級に基づき大学内で選別してきた選別基準とは異なり微細なキズおよび白く細いキズも検出しているためであった。また、形状不良検出失敗の主要因は、等階級規格表には記載されていない種の形状不良(細長い形状や凹凸のある形状)にあることが判明した。

4. 識別性能の検証および性能向上手法の検討

次に、フィールドテストの結果明らかとなった新規のキズおよび形状不良に対応するため、撮像環境および識別手法の改良について検討する。

4.1. キズ不良検出性能の検証

選別システムで検出可能な黒キズの最小サイズを明らかにするため、3×3、4×4、5×5[mm]の黒キズを記した4個の赤ピーマンに対してそれぞれ5回実験を行った結果、5×5[mm]のキズ(図4)を100%検出可能なことを確認した(表1)。

キズの大きさ[mm]	3×3	4×4	5×5
識別成功率[%]	50	80	100

図4 黒キズ有り

4.2. 光源スイッチングによる鏡面反射抑制方法の検討

ピーマンの表面に現れる鏡面反射の抑制を行うことにより、小さなキズの検出を可能にするため、1つのピーマンに対して、図3に示す8台の光源のオンとオフを切り替えて複数回撮像する手法を検討した結果、10個の赤ピーマンに対して4×4[mm]のキズは100%検出可能なことを確認した。

4.3. 形状不良に対する新識別方法の検討

新規の形状不良項目に対応するため、フィールドテストで発見したすべての形状不良に対して画像解析を行い、画像上の特徴よりすべての形状不良ピーマンを図5に示す「カド無し」および「凹み」の2つのグループに分類すると共に、ピーマンの輪郭線情報を用いた新アルゴリズムの提案を行った。

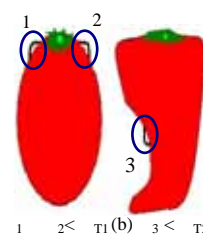


図5 形状不良

5. まとめ

本研究では、選別作業の自動化および選別基準の均一化を目的とした6面同時撮像による全面検査選別システムの開発を行った。赤ピーマンを対象としたフィールドテストの結果、ピーマンの品種あるいは選別人の違いが大小の選別基準の要因となっていること、および新規のキズと形状不良があることが判明した。これらに対応するため、光源のオンとオフを切り替える手法により4×4[mm]以上のキズが識別可能なことを確認すると共に、形状不良の画像解析により形状の分類を行い、輪郭線情報を用いた新アルゴリズムの提案を行った。

参考文献

- (1) 武田大希, 竹田史章 “6面同時撮像による長楕円体状青果物全面検査選別システムの開発と評価”, システム制御情報学会 研究発表講演会講演論文集, pp25-26, 2010