

1 はじめに

現在、芋ケンピの外観品質選別作業は目視により行われている。そのため、長時間に渡る選別作業は作業員の負担となり、また選別基準の個人差による商品価値の低下が問題となっている。そこで、本研究では、芋ケンピを対象として、人間が選別している作業を機械化し、この選別作業の省力化および高精度化を達成する事を本研究の目標とする。そこで、研究の遂行のために実験筐体を作成し、この実験筐体を用いて、芋ケンピ選別システムの可能性を検討する。

2 システム概要

芋ケンピ選別システムの実験筐体の構成を説明する。システムは、図 1 のように、搬送部、抽出部、選別部からなる。提案システムの動作フローを以下に示す。



図 1. 芋ケンピ実験筐体

- (1)芋ケンピを絡み合った状態のまま搬送部へ流す。(2)搬送部で分離する。(3)WEB カメラで撮影を行う。(4)撮影された画像を、抽出アルゴリズムにより抽出する。(5)画像処理によって形状、大きさ、焦げを認識し、ソレノイドによって選別する。

不良品の選別は、大きさ形状（でん粉付着）、形状（一部のひげ根）、色（焦げ付き）をこれまでの野菜監査システム^[1]の既存ルーチンを個別に改良し、組み込むことで実現する。

2.1 搬送部

画像処理で識別を実施するためには、絡み合った状態の芋ケンピを、抽出部までにある程度均等にすることが必要である。その課題を解決するため、芋ケンピ選別システムの実験筐体

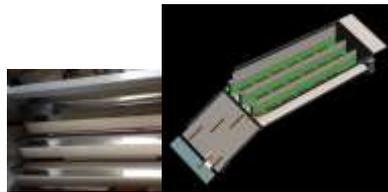


図 3. 芋ケンピ投入口 図 4. 芋ケンピ CAD 図

では図 3, 4 のように最初に投入口を複数作り、一つの投入口に入れる量を少なくしたうえで段差を作り、速度差によって分離するような方法をとっている。上段から下段に芋ケンピが落ちるとき、下段が上段より速度が早ければ、芋ケンピが分離されやすくなると考えられる。

2.2 抽出部

本システムでは抽出部に、野菜監査システムの既存ルーチンを個別に改良したものを使用する。手順としては、(1)膨張収縮後、ラベリング（図 5）、(2)軸と並行方向の長方形近似、(3)長辺、面積（ラベル内画素判定）より大きさを判定する。

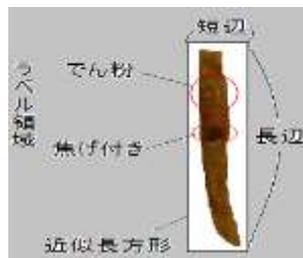


図 5. 芋ケンピラベリング

2.3 選別部

選別部でも、野菜監査システムの既存ルーチンを個別に改良したものを使用する。手順としては、上記の(1)~(3)ののちに、(4)ラベル内画素（複数画素平均）で焦げ付きやでん粉を検知、(5)工程 4 で不良と判定されたラベルの中心座標（x, y）の算出（フレーム左上を原点 0 とする）、(6)出力ポートに工程 4 の不良のラベル番号と座標を出力、(7)次のラベルに対して工程 2~6 を繰り返す。

上記の処理系に対し、ラベルの長辺、短辺、長辺/短辺、対象の外エッジ、対象の画素数（面積）、短辺座標、長辺座標、重心座標が得られる。これらの諸量に閾値を設定し、良品と不良品を選別する。

でん粉付着や、焦げ付きの不良品の判断はラベル内画素（複数画素平均）によって求められるが、サンプル点（上端、重心、下端）の三点すべての点を検知し、一つでもでん粉付着や、焦げ付きが確認されたら不良と判断する。また、ひげ根の不良品の判定は、サンプル点（上端、重心、下端）の断面の対象とする画素値の閾値より大きい画素の数を計算し、これが小さい場合はひげ根の部分があると判断し、不良と判定する。（サンプル点は、試行錯誤で 3 点から 6 点の中で決定する。）

4.1 抽出実験

抽出実験では、入れる芋ケンピの量は一つの投入口に一度に 3, 4 個程度の少量しか入れないときの画像や一度に 2, 30 個程度入れたときの画像、一度に 100 個以上大量に入れたときの画像を対象とし実験を実地する。

それぞれの芋ケンピが交差していない場合、図 6 のように 90% 以上で画像フレームから 1 個ずつ抽出することが可能であった。しかし、まれに図 7 のように絡み合った状態の芋ケンピの画像出てきてしまう。絡み合ったすべての芋ケンピは一つの芋ケンピとしてラベリングしてしまい、良品の芋ケンピが混ざっていたとしてもすべて不良品として選別される。

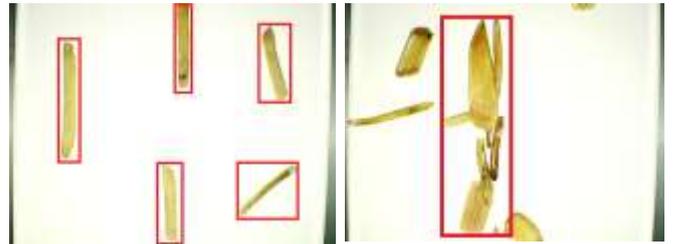


図 6. 芋ケンピ抽出成功 図 7. 芋ケンピ抽出失敗

4.2 識別性能評価実験

絡み合った状態の芋ケンピ（良品、形状不良、焦げの三種類）を、流し込み搬送系で分離後、WEB カメラで撮影を行い、そこで得た画像をもとに画像処理を行い正しく処理されているかの実験を実地する。実験結果は、表 1 に示す通り、良品、焦げの識別率は、100% であることが確認できた。一方、形状不良は 97% の識別率であった。

表 1. 実験結果(%)

総数	良品	形状不良	焦げ
57	100(4/4)	97(37/38)	100(15/15)

5 まとめ

本研究では、芋ケンピを対象として、人間が選別している作業を画像処理に取り込み、選別が機械化可能かと検討した。上記の実験結果より、搬送部の絡まった状態の芋ケンピの分離成功率が高いことが確認できた。次に、抽出と識別アルゴリズムの有効性を確認できた。従って、芋ケンピの選別作業の機械化、また、選別作業の省力化および高精度化が可能だと確認できた。

参考文献

[1] 金井俊弥, 竹田文章, "ピーマン選別装置の画像検査部の改良(光源の安定と検査性能)", 第 56 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, pp233-234, 2012