

エッジ検出を用いたこねぎ分岐部の検出

安藤 拓翔^{1,a)} 井上 優良^{1,b)}

概要: 近年、こねぎ生産における最低賃金の上昇等雇用環境が変化しており、人件費を抑えるために人手の不要なこねぎ調製機の開発が求められている。現行の調製機では一度に不要な葉を全て除去できず、二次処理のために多くの人手を要する。正確な調製を行うためには、外葉最上部の分岐部位置に調製用ノズル位置を合わせることが有効であることが分かっている。したがって、こねぎ分岐部の位置を検出し、ノズルの位置を自動で合わせることができれば二次処理を必要としない調製機を開発できる。そこで本稿は、分岐部を検出するためにこねぎ分岐部における特有の斜線を抽出する手法を提案する。本手法は、エッジ検出による斜線抽出とラベリング処理を行うことで頑健な検出を行う。本手法を実際のこねぎ画像に適用した結果、分岐部斜線の検出率は92%であり、分岐部位置を検出できた。

1. はじめに

近年、こねぎ生産における最低賃金の上昇等雇用環境が変化するなかで生産者の経営安定に向けて各種コストを削減することが急務である。こねぎは主に鮮度保持の観点から「一芯一葉」(芯葉1枚+葉1枚)に調製する必要がある。しかし、現行のこねぎ調製機は皮むき処理の精度が低く一度に全ての不要な葉を取り除くことができず、人手での二次処理に多くの人件費を要することが大きな課題となっている。そこで、二次処理の必要のない精度の高いこねぎ調製機を開発を行うことが求められている。「一芯一葉」に調製するには、こねぎ最上部の分岐部に1番上のノズルを合わせることが有効であることが分かっている。したがって、こねぎ分岐部の位置を検出し、ノズルの位置を自動で合わせることができれば二次処理を必要としない調製機を開発できる。そこで本研究は、分岐部を検出するためにこねぎ分岐部における特有の斜線を抽出する手法を提案する。

2. こねぎ分岐部の検出法

こねぎ外葉の分岐部には特有の斜線があり、この斜線を検出することで分岐部の位置を検出できるという仮説を立てた。この分岐部検出のフローを図1に示す。2種類のマスク処理と分岐部推定領域の抽出をした後で、sobelフィルタを適用し、分岐部斜線のエッジを検出する。検出したエッジに対してラベリングを行い、各エッジの特徴量を用いてノイズと分岐部斜線の分類を行う。

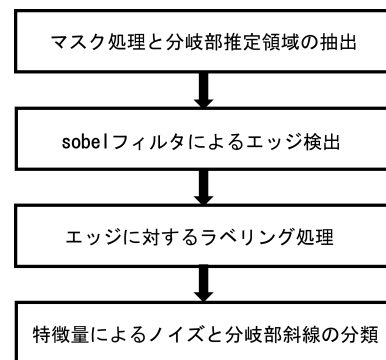


図1 分岐部検出のフロー

2.1 マスク処理と分岐部位置推定領域の抽出

壁面に汚れのある画像に対してロバストな分岐部斜線抽出を行うためにマスク処理を行う。ここでは、緑色の領域抽出マスク画像と葉の輪郭に対するマスク画像の2種類を作成する。緑色の領域抽出マスク処理は、枯れ葉が後述するエッジ検出においてノイズになるため適応する。葉の輪郭に対するマスク処理は、葉の輪郭をエッジとして誤検出させないために適応する。

また、処理範囲を限定するために、領域抽出処理を行う。こねぎ外葉における最上部の分岐部の位置は、こねぎの個体によって多少のずれはあるがおおよその位置は変わらないと推定した。そこで、こねぎ画像175枚に対して最上部の分岐部の位置を調査した。こねぎの根から葉の先の長さ(全長)に対して、葉の先からの距離との割合を算出した結果、0.55~0.80の間に分布していることが分かった。したがって図2のように、この領域を処理対象として抽出する。

¹ 大分工業高等専門学校 情報工学科
^{a)} s1805@oita.kosen.ac.jp
^{b)} y-inoue@oita-ct.ac.jp

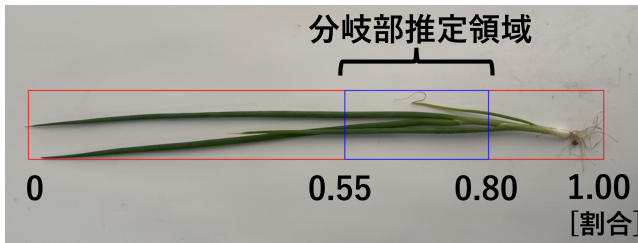


図 2 分岐部推定領域

2.2 sobel フィルタによるエッジ検出とラベリング

マスク処理と領域抽出処理を適応した画像に対し、垂直方向に限定した sobel フィルタを適応する [1]。このエッジ検出では全方向の微分フィルタを適応すると葉の繊維を誤検出するため、微分方向を垂直方向に限定する。さらに、エッジ画像を二値化してノイズの除去も行う。

続いて行うラベリング処理とは、二値画像中の黒画素の連結成分を抽出する処理のことであり、画像認識などで必要とされる基本的な操作である [2]。検出したエッジに対して 8 連結でのラベリング処理を適応する。つまり、中心画素に対して縦、横、斜め方向に連続している画素を 1 つのエッジとして扱う。

2.3 エッジ特徴量によるノイズと分岐部斜線の分類

ラベル付けされた各エッジの、重心、面積、周囲長、エッジの角度を算出し、特徴量として扱う。これらのうち、重心、面積、周囲長はエッジの二次元座標データから算出する。エッジの角度は x 軸に対するエッジの角度のことを指す。エッジの二次元座標データに対して、主成分分析を行い、第一主成分軸と x 軸の回転角度を算出することで図 3 のようにエッジの角度を出力する。主成分分析とは多次元データに内在する特徴間の線形的な共変関係（構造）に基づき、より低次元のデータに変換する多変量解析の手法の 1 つである [3]。

算出したエッジ特徴量（面積、周囲長、角度）によって分岐部斜線とノイズを分類する。ここで、面積と周囲長は閾値に満たない大きさであればノイズであると判断する。分岐部斜線の x 軸を基準とした回転角度は概ね 30 度～75 度、105 度から 150 度の範囲であるため、この範囲の角度ではないエッジはノイズであると判断する。分類した結果、最上部に位置するエッジを最上部分岐部斜線として、エッジの重心座標を出力する。

3. 実験と考察

本実験は分岐部斜線検出における本手法の有効性の確認を目的とする。175 枚のこねぎの画像に対して本手法を適用する実験を行った。こねぎ画像のサイズは 3,024 × 4,032px であり、デジタルカメラの撮影位置は全て揃え、入力画像は 70px を 1.0cm として評価を行う。最上部のエッジの位置と事前に目測で入力した分岐部の位置を比較し、



図 3 エッジの角度



図 4 垂直方向の分岐部斜線

表 1 出力位置と正解位置のずれ

	割合	個数
0.5cm 未満	84%	147
1.0cm 未満	92%	161
1.5cm 未満	94%	164
1.5cm 以上	6%	11

正解位置とのずれを出力する。ずれが 1.0cm 未満である場合を検出成功とし、誤差が 1.5cm を超えると皮むきは失敗してしまうため、分岐部は検出失敗とする。実験結果を表 1 に示す。誤差が 1.0cm 未満である割合は 92%であった。90%を超える成功検出率であるため、本手法が分岐部斜線検出に対して有効であることが分かる。なお、誤差が 0.5cm 未満である割合は 86%であった。誤差を 1.5cm 未満まで許容すると割合は 94%であるが、誤差が 1.0cm 以上 1.5cm 未満であれば正確に皮むきができるか否か判別できないため、誤差をより小さくする必要がある。

課題として、分岐部斜線のエッジが薄い場合は検出できないことが挙げられる。これは垂直方向の sobel フィルタは図 4 のような垂直方向の分岐部斜線に対してロバストではないことが原因である。したがって、エッジ以外の分岐部特徴量を抽出する必要がある。また、本手法は分岐部斜線をデジタルカメラで撮影できていることを前提としているため、分岐部斜線が外葉に隠れている場合は、分岐部を検出することはできなかった。

4. おわりに

本研究では、こねぎ外葉における最上部の分岐部を検出する手法の検討を目的とし、エッジ検出とエッジ特徴量による分類を用いたアルゴリズムを提案した。実験の結果、本手法の検出精度が 92%であることが明らかになった。今後はこねぎ概形の形状情報を用いた分岐部位置の推定などを行い、分岐部検出の精度の向上を目指す。

参考文献

- [1] 谷口慶治（編）：画像処理工学-基礎編，共立出版（1996）。
- [2] A. Rosenfeld and A.C. Kak, Digital Picture Processing, 2nd ed., vol.2, Academic Press, New York, 1982.
- [3] C. Chatfield and A.J. Collins, Introduction to Multivariate Analysis, Chapman & Hall, New York, 1980.