

トマト自動収穫ロボットのための画像処理の拡張

著者 上木大輔

指導教員 村田知也

1. はじめに

今の日本社会は少子高齢化が進んでいると言われており、それによって様々な問題が起きている。中でも、農家人口の減少に対して高齢者の割合が増え続けている問題に着目した。そしてお年寄りでも楽に農業を行える環境を作ることが大事だと考えた。そのような背景から農作物の自動収穫ロボットを開発することを最終目標として、自動収穫ロボットのために必要な画像処理を研究することとした。

2. 研究目的・概要

本研究では特に、トマトに対して自動収穫を行うための画像処理の研究を行った。収穫すべき赤く熟した果実のみを検出し、色が青い未熟な果実は収穫すべきではないため除外するプログラムの開発を行った。トマトを研究対象に選択したのは、熟した果実と未熟な果実の色の差が明確で、画像処理を行う上で判断がしやすいという理由がある。

自動収穫ロボットのカメラには一般的なWebカメラを使用し、カメラを制御するためのコンピュータにはRaspberryPiを採用した。RaspberryPiは低コストで軽量な小型ボードコンピュータであるがARMプロセッサを搭載しており性能は市販のコンピュータに劣らないと考えている。

赤熟果実を検出するため、カメラより得られた画像から赤色領域を抽出する方法として、HSVを利用した手法を用いることとした。HSVは色相(Hue)、彩度(Saturation)、明度(Value)の3要素で色を表現する方式である。これは色相、彩度、明度の値を変えるだけで容易に任意の色を選択することができるというメリットがある。赤色領域の抽出が終わったら、検出した果実を個別にグループ化するためラベリング処理を施す。一通り開発が進んだところで果実の検出精度を測るための実験を行った。実験にはトマトの造花を使用し、トマトの苗までの距離と撮影角度をそれぞれ変化させながら撮影を行い赤熟果実の検出数を表にまとめてカメラの精度を求めた。

3. 実行結果

造花のトマトをカメラで撮影したものを原画像として、果実領域の検出を行う。撮影した画像には赤熟果実と未熟な果実の両方が含まれており、収穫すべき果実のみを正しく選別できているかを調べる。図1はトマトを撮影した原画像を左に、原画像に対して赤色抽出を行った画像を右に示す。



図1 果実画像に対して赤色抽出

原画像と処理後の画像を見比べてみれば、赤熟果実の抽出は良好に行えていることがわかる。未熟で色が青い果実は抽出されておらず、色が赤く熟した果実のみが正しく抽出されている。

次に、果実領域の抽出を行った画像に対して、ラベリング処理を施す。この処理により、抽出した複数の固まりをグループとして認識できるようになる。グループ化したことを可視化できるようにするため、同一ラベルが振り分けられたラベルに対して、単一色で塗りつぶすことで結果をわかりやすくする。

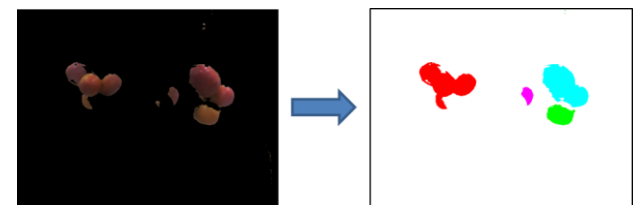


図2 赤色抽出した画像にラベリング処理

図2の右側の画像は同じラベル番号を持つ領域をそれぞれ別の色で塗りつぶしたものである。この実行結果はプログラム中で隣接する領域に同じ値が割り振られていることを示している。また、図2の実行結果から固まりをグループ化することには成功している。しかし、隣接している果実を同一のグループとして見なしている場合がある。この果実同士の境界線を見つけラベルを切り分けることで、別のグループとして認識させる必要がある。

4. 評価実験

4.1 実験内容

作成した画像処理プログラムにより、どれだけの赤熟果実を認識できたかを調べる実験を行うことで検出精度を評価する。撮影にはトマトの苗の模型を使用した。カメラの位置は地上から 1m の場所で固定した。また、撮影は日光を遮断し、蛍光灯を点灯させ部屋を明るくした状態で行った。実験手順は以下のとおりである。

- ① 苗から 100cm 離れた地点から撮影を行う
- ② 果実をラベリングできたら認識したと判断
- ③ カメラと苗の距離を 20cm ずつ近づけて撮影
- ④ 撮影角度を 45° ずらして①に戻る
- ⑤ ①～④を繰り返す

手順①ではトマトの苗から 100cm 離れた地点に、カメラを設置し撮影を行う。手順②では撮影した果実がラベリング処理でグループ化できたら認識できたとみなす。手順③では苗との距離を 80cm, 60cm, 40cm, 20cm と変化させ撮影を行い、距離による検出精度の変化を調べる。手順 4 では苗を撮影する角度を 45° ずらし、手順①に戻る。手順⑤では手順①～④を繰り返す。

4.2 実験結果

この実験では検出すべき赤熟果実はあらかじめ決めておき、その果実をラベリング処理により一つの固まりとして認識できたら検出できたものと判断する。トマトの造花についている赤熟果実の総数は 7 個である。検出できた果実の個数を表にまとめる。

表 1 検出できた赤熟果実の個数

		カメラと苗の距離[cm]				
		20	40	60	80	100
撮影角度 [°]	0	2	3	3	4	4
	45	4	5	5	5	5
	90	1	3	3	3	3
	135	3	5	4	4	4
	180	2	5	4	4	3
	225	4	4	3	3	3
	270	4	4	4	4	4
	315	3	5	5	4	4
距離による検出精度 の平均[%]		41.1	60.1	55.4	55.4	53.6

※小数点 2 位以下は四捨五入

5. おわりに

昨年の研究では一方向からの検出精度は最高 64.3% だったためわずかに今年のほうが精度が悪くなっている。これは昨年の研究では Windows7 の PC を使っているのに対し本研究では小型ボードコンピュータである Raspberry Pi を使っているために処理に差があったものと考えられる。しかし、わずかな差であるためロボットの軽量化がのぞめる Raspberry Pi の方がロボット開発には向いていると考える。

ラベリング処理により、連結した画素をグループ分けさせるが、複数の果実が同一グループ内につながっている場合、それらは同一のグループとして見なされてしまうので、果実と果実の間の境界を見つけ出すことにより、グループの切り分けを行い、果実を個別に認識できるようにする必要がある。また、実際にロボットによる果実の収穫を行わせるためには、収穫する果実の花梗の座標がわからなければならない。これはラベリング処理により果実と判断されたグループから、その周囲を探索することで見つけ出す。

Raspberry Pi には赤外線カメラモジュールが存在し、これを使えば人が寝ている夜間であっても自動収穫ロボットを動かすことができると考えている。その他にも赤外線カメラモジュールを使ったトマトの糖度計算なども実現可能であると考えている。

[参考文献]

- [1]” HSV 色空間”
<http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/aa511283.aspx>
- [2]” 赤色領域の抽出”
<http://imagingsolution.blog107.fc2.com/blog-entry-248.html>
- [3]” 平滑化フィルタ”
<http://imagingsolution.blog107.fc2.com/blog-entry-88.html>
- [4]” ラベリング処理”
<http://imagingsolution.blog107.fc2.com/blog-entry-193.html>