

Fruit Recognition using BoF Method for Automatic Harvesting

Masaya Negawa
National Institute of
Technology, Okinawa College

Chikatoshi Yamada
National Institute of
Technology, Okinawa College

Kei Miyagi
National Institute of
Technology, Okinawa College

In recent years, reduction of agricultural workers has become a problem in Japan, and the automation of agriculture by robots is paying attention. In this research, we shall consider recognition methods for automating the harvesting work of strawberries in which leaves, and stems are obstacles. Object recognition by BoF method using ORB feature quantity was performed and improved so that it can be used for images in which multiple objects exist. Also, we aim to speed up object recognition for processing in real time.

Index Terms - Fruit Recognition, BoF, Automatic Harvesting

I. 背景

近年、日本では図1に示すように農業従事者の減少[1]が問題となっており、ロボットによる農作業の自動化が注目されている[2]。数ある農作物の中でも果実は特に傷みやすく、収穫作業などは自動化に不向きである。そのため、マンピュレータにより果実を傷つけずに収穫することが重要となる。収穫の際、葉や茎などが障害物となりにくい高設栽培のイチゴを単一のマンピュレータによって収穫するものが存在する[3]。

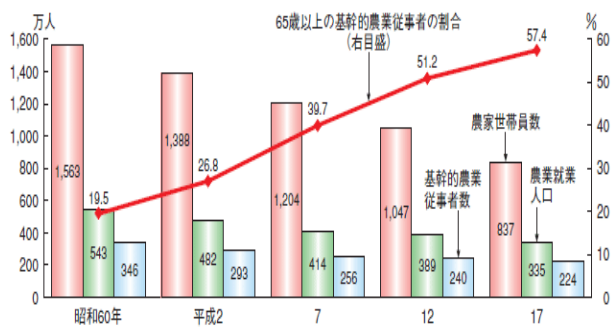


図1 農業従事者数などの動向

そこで、本研究では葉や茎などが障害物となりやすく、果実が群生し重なることで個々の識別が困難である土耕栽培のイチゴ収穫作業の自動化に向け、障害物を払い除ける動作を行う腕を追加した双腕構成のマンピュレータを使用し、自動収穫の際に必要なイチゴの認識手法の検討を行う。効率化のためリアルタイムで動画内の果実を認識できるよう画像処理の高速化を目指す。

II. システムの構成

イチゴ果実を認識するためのシステム構成を示す。Anacondaを用いて開発環境を構築し、Python3.5によるOpenCV3.4で画像認識を行い対象物の認識、座

標取得を行う。収穫作業を行うマンピュレータにはアクチュエータを個々に制御可能なデージーチェーン接続である5自由度構成のマンピュレータを用いる。

III. システムの流れ

本研究のマンピュレータでのイチゴを収穫する一連の動作の流れは次の通りである。

1. 収穫範囲であるイチゴ畑をカメラで映す。
2. イチゴ果実の全体が認識できるかを確認する。
3. 全体が認識出来た場合イチゴの重心を取得する。
4. マンピュレータから重心座標の距離を算出する。
5. 算出した距離分、イチゴ収穫用のマンピュレータの先端を可能な限り正確に対象物まで移動させる。これで果実を収穫する一連の動作は終了である。

ただし、2. でイチゴ果実の全体が認識できない場合、次の動作を行う。

1. 一部分のイチゴを認識し、イチゴ果実の最も近くの障害物の大まかな座標を取得する。
2. マンピュレータから障害物の座標までの距離を算出する。
3. 算出した距離分、障害物を押しのけるためのマンピュレータを正確に障害物まで移動させる
4. マンピュレータを動かし、障害物を押しのける
これをイチゴ果実全体が認識できるまで行い、認識することができたらイチゴを収穫する一連の動作に戻る。以上がシステムの流れである。

IV. 果実の認識

本研究では赤色の物体抽出とORB特徴量によるBoF法[4]の2つの認識手法を検討し、比較した。

A. 赤色の物体認識

元画像を RGB 色空間から HSV 色空間に変換し、図 2 のように色相を赤色である 10 以下、彩度を 50 以上でそれぞれ二値化処理を行い、その結果を積算することで画像から赤色の物体の抽出を行う。抽出した赤い物体の輪郭を算出し、その輪郭を囲む四角形を描画する。

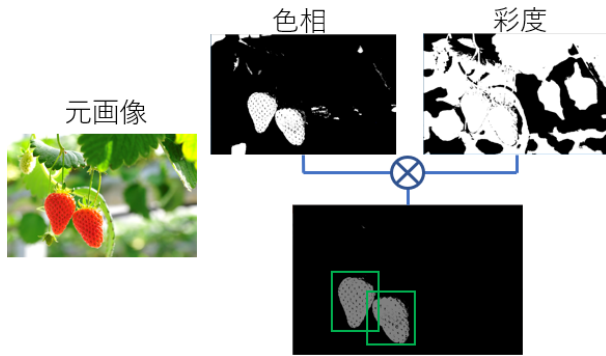


図 2 赤色物体検出の流れ

赤色の物体認識の結果を図 3 に示す。画像 1 枚あたり 0.05 秒と高速で画像処理ができ、左の画像のように果実が重なっていない場合は個別に認識することができた。しかし右の画像のように複数の果実が重なっている場合は個別に認識できなかった。原因としてはイチゴの赤色部分が繋がり、輪郭算出の際に大きな 1 つのイチゴとして認識され個別に認識されないことが考えられる。



図 3 赤色物体の認識結果

B. ORB 特徴量による BoF 法

ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 特徴量とは画像上での特徴点抽出する特徴検出器・記述子の 1 つ。特徴点の周辺領域でランダムに選択した 2 点の画素値を比較しバイナリコードを生成する BRIEF をスケール変化と回転に強く改良した検出器。バイナリコードを用いるため、他のスケール変化や回転変化に強い特徴量検出器である SIFT や SURF よりも高速に計算できる。実際に ORB 特徴量を用いてマッチング

を行った結果を図 4 に示す。このように元画像とそれから上下反転、縮小処理をした画像で特徴点のマッチングができた。

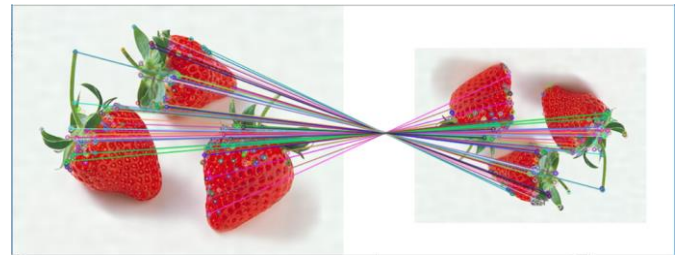


図 4 上下反転、縮小画像とのマッチング

イチゴ果実の認識手法としては ORB 特徴量を用いた BoF (Bag of Features) 法[4]で行う。BoF 法とは文章分析手法の BOW (Bag of Word) を画像に適用したもので、画像内の特徴量を抽出し、その出現頻度で画像を分析する手法である。BoF 法によって画像を特徴ベクトルとして表現することができる。識別の流れを以下に示す。

1. 特徴点の学習のため検出したい物体が写っている正解画像と写っていない不正解画像から特徴量を抽出する。
2. 抽出した特徴量を複数のクラスターにクラスタリングする。
3. 各クラスターに特徴量がいくつあるのかヒストグラム化する。
4. 検出したい画像の特徴量を抽出し、ヒストグラム化する。
5. 正解、不正解画像のヒストグラムと検出したい画像のヒストグラムを比較し、一致率の高さで正解を判別する。

実際にイチゴ画像 100 枚、その他の果実画像 50 枚で識別を行った。認識結果を表 1 に示す。

表 1 BoF 法での識別結果

クラスター数	正解率	一枚当たりの処理時間
50	66.9%	0.16s
100	73.3%	0.30s
500	78.8%	1.46s
1000	84.4%	3.05s
5000	95.4%	15.43s

結果からクラスタ数を増やすことで正解率の向上が見られたが、クラスタ数の増加に比例して、1枚当たりの処理時間が長くなった。少ないクラスタ数の場合でも認識精度を高めることで高速化できると考えられる。認識精度の向上のためには学習用の正解・不正解画像の画像枚数増やすこと、特徴量をヒストグラム化する際に、より強い特徴量を選出する必要がある。

V. まとめ

本研究では、イチゴを認識するための認識手法の検討を行った。今後の展望として、ORB 特徴量を用いた BoF 法での処理を高速化させるため、赤色の物体認識で認識した領域のみで識別することで高速で処理できるような改良、また学習画像の数を増やし、クラスタ数の調整をすることにより、認識精度を向上させる。さらに、イチゴの自動収穫を実現させることにより、葉などが障害となり、収穫が困難なパッションフルーツや島唐辛子などの沖縄特産物やその他付加価値のある果実などへ応用が期待できる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K01063 の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] 農林水産省 農林業統計資料「農林業センサス」, 2015
- [2] 佐藤 雅紀: トマト収穫のためのロボットハンド及び画像処理システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2A1-08b7, 2016.
- [3] 入部 正継 他: ラズベリー収穫自動化システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 1A1-D05, 2017.
- [4] 吉川拓也: SURF 特徴量を用いた BoF 法による複数物体認識, 情報処理学会研究報告, 2014.