217 マシンビジョンの改良による収穫ロボットの認識性能向上

Improvement of the ability to recognize for Picking Robot by improving machine vision

○学　大崎　貴士（高知工科大）　　正　岡　宏一（高知工科大）
正　北村　晋助（高知工科大）　　社家　佑一朗（高知工科大）
立花　邦彦（高知工科大）　　バッチェ　シワジ　ガンガ（高知工科大）

Takashi OSAKI, Kochi University of Technology, Kochi, Japan
Koichi OKA, Kochi University of Technology, Kochi, Japan
Shinsuke KITAMURA, Kochi University of Technology, Kochi, Japan
Yuichirou SYAKE, Kochi University of Technology, Kochi, Japan
Kunihiko TACHIBANA, Kochi University of Technology, Kochi, Japan
Bachche SHIVAJI GUNGA, Kochi University of Technology, Kochi, Japan

1. 緒言

近年，少子化と高齢化のため，農業労働人口不足の問題が深刻になってきている．そこで今までに，イチゴやトマトの摘み取りロボットは研究されてきた[1][2]．これらの果実は，特別な環境下で栽培され，かつそれらの色で判別するのが容易であることから，これまでに研究が行われてきた．

私たちの最終的な目的は，普通の温室で栽培されたピーマンの果実の自動摘み取りシステムを構成することである．ピーマンは温室栽培の主要な農産物であるが，果実と葉の色や形がほとんど同じであり，果実の認識が難しいため，未だ自動摘み取りロボットは開発されていない．私たちはすでにピーマンを自動で摘み取るロボットの試作機を開発した．しかしながら，認識性能は不安定であった．

本論文では，夜間のハウス内で、LED 光を照射し，葉と果実では色と光沢に差があることを利用することで，ピーマンの果実の認識性能を向上させる方法を提案する．そこで，まず摘み取りロボットの試作機を紹介し，その後，果実の色と光沢を利用した新しい画像処理アルゴリズムを提案する．

2. 収穫ロボットの概要

採取者は目でピーマンの果実を見つける．次に，サイズ，形などが規格に沿った果実を見つけ出し，それを手で掴む．そして最後に，掴んだ果実の茎を鋏で切り，かごの中に入れる．

このような採取者の手順に沿うために，ピーマン摘み取りロボットは，Fig.1 に示されている機能を持つべきである．試作機のピーマン収穫ロボットは，Fig.1 のコンセプトに沿って制作された．実際の試作機の写真を Fig.2 に示している．このロボットは，平行なステレオビジョンの画像処理システムを搭載しており，それによって視覚フィードバック制御を利用した果実の認識や位置情報の取得が可能となっている Fig.3．この画像処理システムでは，カラー画像を HSI 空間に分け，画像処理を行う．H、S および I は，それぞれ色相と，彩度と，明度である．HSI 空間は，RGB 空間と比べると，人間の感覚により近く，カラー画像を二値化処理する際にも扱いやすい特徴をもっている．ピーマンの果実は，これら三つの値を二値化処理することで認識される．しかしながら，現行の画像処理アルゴリズムでは，ピーマンの HSI 値は，ハウスの中で一定ではないために，果実の認識率は低い．さらに，苗の成長に応じて果実の色は変化する．その認識システムを利用すれば，いつも閾値を変更しなければならない．こうした理由から，私たちは，LED の反射光を利用した，ピーマンの果実の新しい認識方法を提案した．

3. 画像処理アルゴリズム

今回提案する画像処理アルゴリズムを Fig.4 に示す．このアルゴリズムでは，果実の位置を判別するために，LED 光を苗に対して照射することで果実の表面に表れる白い光沢を利用する．これにより，果実の位置が測定される．しかしながら，これだけでは果実の正確な位置を測定するには不十分である．その理由として，ピーマンの白い花や葉の光沢，苗を支える糸，ハウスの壁からの白い反射光などを誤って認識するためである．そこで，白い反射光を認識した後，Fig.5(b)で示しているように，反射部の中心周り 100×100 画素の長方形に認識範囲を縮小し，あらかじめ設定した果実の閾値を利用することで果実の認識を行う．そして，果実であると認識されたエリアが 3000 画素から 10000 画素に含まれた場合，その周囲が果実であると設定した Fig.5(c)．

次に，反射部の周辺が果実であると想定されると，反射部の中心座標を計測し，その中心周りの限られた小さいエリア内の HSI 値が，果実の値として設定することが可能である．この方法により，果実の色の個体差に対応できる．実験では，Fig.5(d)で示しているように，反射部の周りの 15.5 画素以内の範囲が果実であると想定した．この範囲で色相の中間値と最小値を測定する．この値を，果実を認識するための上方と下方の閾値として設定した．

そして，画像処理領域を反射部の中心周りに，400×200 の長方形に制限する．そのエリアを，あらかじめ設定しておいた輝度値の閾値で二値化処理を行い，果実や葉，茎の画像だけを取得する Fig.5(j)．さらに，その画像を自動で取得した色相の閾値により画像処理を行うことで，果実の画像が取得できる Fig.5(f)．

4. 実験と結果

改良した画像処理アルゴリズムをテストするために実験を行った．夜のハウス内で，40 枚のランダム画像を撮影し，果実を認識した場合を認識成功とした．画像認識を行った結果の一部を Fig.6 に示している．その内の，(a)，(b)で認識に成功し，(c)，(d)で失敗している．(c)，(d)は，果実の反射を測定しているが，色相の閾値を取得する際に，葉の閾値も取得していたことが原因であった．

結果的に，提案したアルゴリズムにより 40 枚の画像の内，37 枚で認識に成功した．認識率は 92.5%である．これまでのシステムと比べて，この改良されたシステムでは，閾値が自動的に設定され，かつ白い花や苗を支える白い紐，葉の光沢による誤認識の大幅な軽減が可能とな

った．この認識率であれば，果実を自動で摘み取ることが十分可能であると考えられる．

5. 結論

この論文では，LED の反射光を利用した果実の新しい認識方法を提案した．そして，改良した画像処理アルゴリズムを使用してハウス内で実験を行い，その認識率は92.5%と，認識性能を大幅に向上することができた．今後，私たちは，現在の照明装置の改良を行い，より多くの実験データを集め，そこからより安定した画像処理アルゴリズムの構築を行っていく．さらに，手先にもう一台小型カメラを装着することで，果実が隣接した場合でも，その一方を認識できる方法を提案していく予定である．

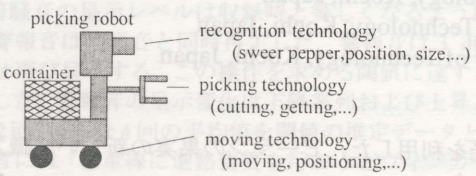

Fig. 1 The concept of picking robot

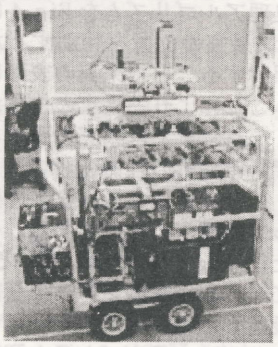

Fig. 2 Improved image processing algorithm

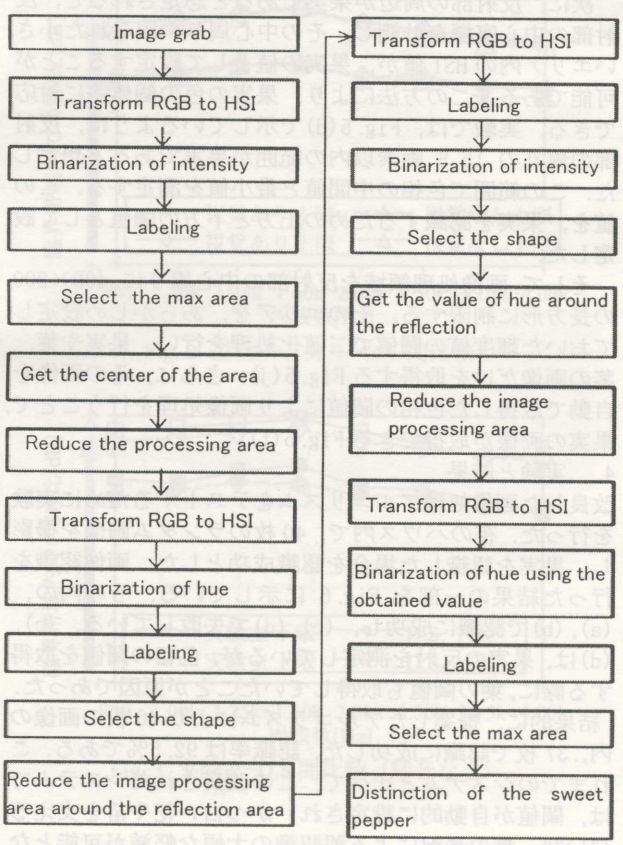

Fig. 4 Improved image processing algorithm

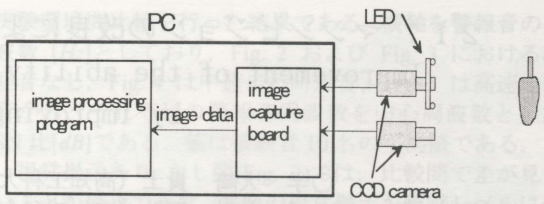

Fig. 3 Image processing system

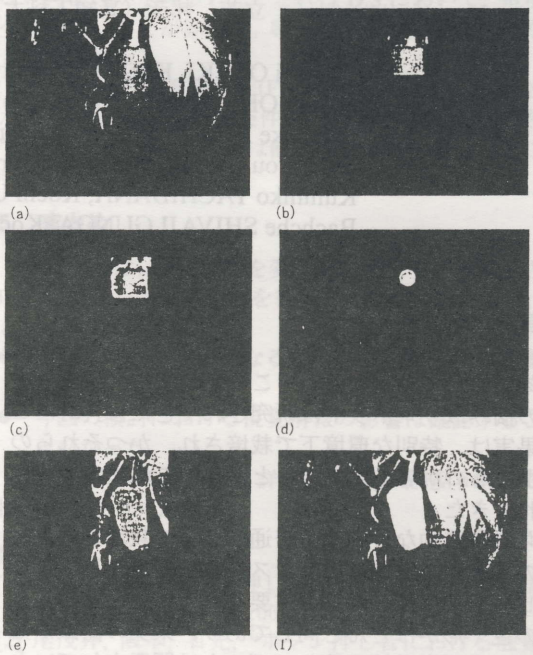

Fig. 5 Example of improved image processing method

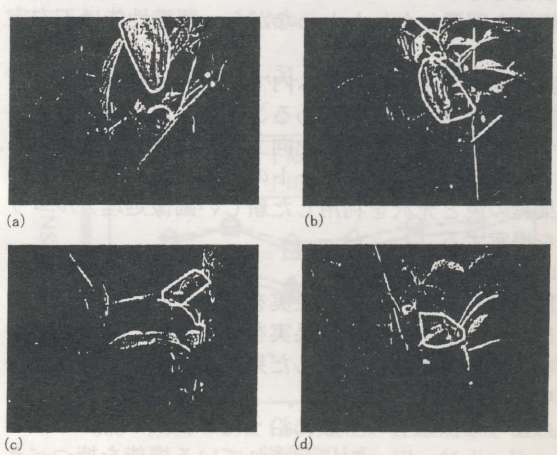

Fig. 6 Example of experiment results

参考文献

[1] S. Arima, S. Yuki, J. Yamashita, T. Katou, K. Marumi, Studies on Harvesting Robot for Strawberry Grown on Annual Hill Top: Development of peduncle detection algorism and hook type end-effector, JSME Conference on Robotics and Mechatronics, No. 3-4, p. 43, 2003.

[2] M. Morita, K. Nanba, T. Nishi, Teleperrating Robotics in Agriculture: Experiment of tomato harvesting, JSME Conference on Robotics and Mechatronics, No. 3-4, p. 43, 2003.