

ビニールハウス内におけるピーマン収穫ロボットのアームの制御

○高橋 拓 (高知工科大学) 岡 宏一 (高知工科大学) 佐藤 元二郎 (高知工科大学)
野村 祥吾 (高知工科大学)

Robot arm control for sweet pepper harvesting robot

* Taku Takahashi (Kochi University of Technology), Oka Koichi (Kochi University of Technology),
Genjiro Sato (Kochi University of Technology), Syougo Nomura (Kochi University of Technology)

Abstract— This paper presents the new control method for sweet pepper harvesting robot, designed to harvest sweet peppers in horticultural green house. Manipulator of robot has three cameras and eight motors. The authors aim to develop a manipulator that can recognize a sweet pepper and can cut it automatically. In conclusion, this method is available and succeeded to cut sweet pepper.

Key Words: Robot, Pepper, Visual feedback, Inverse kinematics

1 緒言

近年、日本では農業労働人口の低下が懸念されている。農林水産省の統計情報によると昭和 55 年から平成 25 年まで減少が続いている。現在の農業就業人口のうち 65 歳以上が約半分を占めている。¹⁾ こうした背景から労働力を補うための自動機械の開発は不可欠である。著者らは高知県で盛んに栽培されているピーマンの果実を全自動で収穫するロボットの開発に取り組んでいる。本報告ではマニピュレータによるピーマンの果実を自動収穫するための制御方法を報告する。



Fig. 2: Camera and Scissors

2 ピーマン収穫ロボット

2.1 マニピュレータ

収穫ロボットは果実の位置まで移動するアーム、ピーマンの果実を収穫するためのエンドエフェクタ²⁾、果実を認識するカメラによって構成されている。Fig. 1 に収穫ロボットのマニピュレータの写真を示す。

関節1、関節3にはステッピングモータ（オリエンタルモータ株式会社:CRK-523PAPB-H100, CRK-543APPS36）、関節2にブラシレスDCモータ（MAXON:EC-max40）、エンドエフェクタにはサーボモータ（近藤科学株式会社:KRS-6003HV, KRS-4014HV）が使われている。また手先にはFig. 2 に示すようにカメラ（パナソニック株式会社:CY-RC51KD）が取り付けられている。



Fig. 1: Manipulator of robot

2.2 制御システム

Fig. 3 に制御システムのブロック線図を示す。一台の統括的なPCからそれぞれのコントローラに命令を送り、モータを動作させる。PCとコントローラはすべてUSBで接続されており、各コントローラに命令を送るために統合開発環境にはVisual Studio 2005を使用し、言語にはVisual Basicを使用した。画像処理ソフトはHALCON(ver 9.0)を使用した。

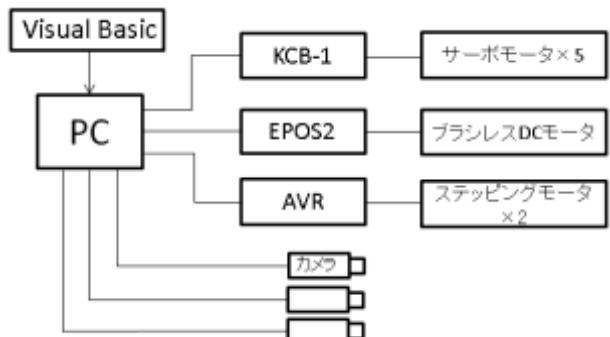


Fig. 3: Control system

3 制御方法

果実収穫までの全体の流れを Fig. 4 のフローチャートに示す。初めに Fig. 5 に示す 2 台のカメラを用いてピーマンの果実の認識およびカメラから果実までの距離を算出する。算出した距離を目標値として、Newton-Raphson 法でマニピュレータの各関節目標角度を求める。目標値に従ってマニピュレータを駆動させる。

最後に手先に取り付けられたカメラによって果実の認識を再び行い、認識した領域の面積を取得し、取得した面積がある値になるまでマニピュレータの前進動作を繰り返すことにより茎を切断できる位置まで近づくことができる。

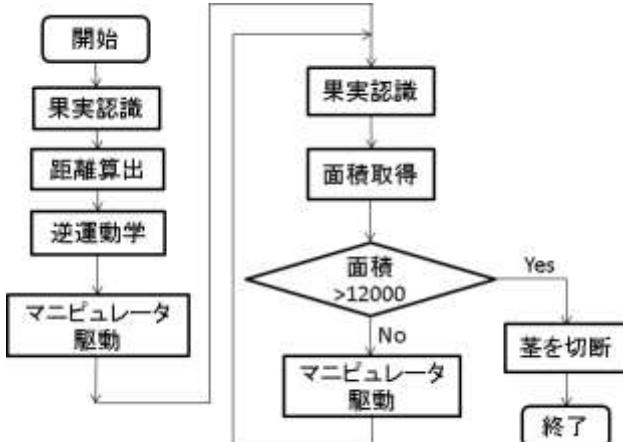


Fig. 4: Flow chart



Fig. 5: CCD camera

3.1 Newton-Raphson 法

ステレオカメラで求めた距離までマニピュレータの手先を持っていくために各関節を何度もすればよいのかを求める必要がある。そのために逆運動学の解法としてNewton-Raphson法³⁾を用いた。以下に計算方法を示す。まず3自由度マニピュレータの手先位置の順運動学を求める。次に手先の位置姿勢を $\mathbf{P} = [x \ y \ a]^T$, 各関節角度を $\mathbf{Q} = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3]^T$ として、時間 t で微分することによりヤコビ行列 J を求めることができる。ここで目標の手先位置姿勢を \mathbf{P}_t , 現在の手先位置姿勢を \mathbf{P}_i として, \mathbf{P}_t と \mathbf{P}_i を減算する。そして以下の式で位置誤差を小さくするための関節角度を求め、各関節角度 \mathbf{Q} を更新していく。

$$\mathbf{Q}_{i+1} = \mathbf{Q}_i + kJ^{-1}(\mathbf{P}_t - \mathbf{P}_i)$$

誤差が小さくなるまで繰り返し計算を行う。k は解を収束させるための適当な値である。

3.2 果実収穫

上述の方法でマニピュレータの目標関節角度を求めるときに、ステレオビジョンで求めた距離には誤差があり、果実の手前でマニピュレータが停止してしまう。よって最終的に位置決めは手先に取り付けられたカメ

ラで認識を行い果実に接近する必要がある。

初めに果実を認識して、認識した領域の面積を画像処理ソフトが算出する。取得した面積と目標の面積の値で誤差を求め、誤差の大きさに従ってマニピュレータを前方向に動作させる。このことにより果実との距離を適切に制御し、鋸で茎を切り取ることができる。黄色の円は画像処理を施す解析範囲である。Fig. 6 に果実認識の様子を示す。



Fig. 6: Recognition of sweet pepper

4 実験

ピーマンの果実を紐で吊るして、鋸を茎の所まで持っていくことができるかの実験を行った。結果は 10 回中 7 回成功し、3 回の失敗は鋸が紐のところまで届かなかった。原因としては果実の面積を正確に測定できなかったと考えられる。カメラが果実に近づくと果実全体を映すことができなくなり、果実の面積を正確に測定できなくなる。よって果実全体を常に捉えることができる位置までカメラを後ろに持っていく必要がある。

5 結言

本報告ではカメラを 3 台用いてピーマンの果実の認識および収穫を行った。しかし、果実の茎まで鋸を持っていくことができないケースが多く見受けられた。原因としてカメラに映る果実の位置や姿勢によって面積の値が大きく変わってしまうことが考えられる。今後は果実を認識する画像処理の改良、接近方法を見直す必要がある。

5.1 参考文献

- 1) <http://www.maff.go.jp/j/tokei/index.html>
- 2) 佐藤元二郎, 岡宏一, 果実収穫ロボットのためのエンジニアリング開発, 日本機械学会 中国四国学生会 第 42 回学生員卒業研究発表講演会 (2012)
- 3) 川崎晴久, ロボット工学の基礎, 62/63, 森北出版株式会社 (1990)