

卒業論文要旨

グリーンハウス内におけるリニアレールを用いた釣下げ形自動収穫ロボット

Fishing type automatic harvesting robot using linear rail in green house

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1180047 鐘築 拓哉

1. 緒言

雇用機会の拡大による都市部への農家人口の流出や高齢化に伴う離農などによって農業分野では労働力不足が問題になっている⁽¹⁾。この問題を解決するために現在、さまざまな側面から農業の自動化についての研究開発が行われている。

本研究では、中でも負担が大きい果実の自動収穫に向けて、天井にリニアレールを敷設した新しい機構を提案し、その実現を試みている。自動収穫を行うことが出来れば、人的操作の割合が減り、作業全体の効率化が見込める。

2. 自動収穫ロボットについて

2.1 概要

本研究で扱う収穫ロボットの構想を図1に示す。グリーンハウス内での運用を仮定し、天井に敷設したリニアレールから目的の対象物(ピーマン)の所まで移動する機構、つまり釣下げ形のロボットの製作、運用を考えた。

今回、釣下げ形を採用した理由は天井のリニアレールを用いることで、ハウス内での路面凹凸における障害物(小石など)を回避することが可能となるからである。

2.2 実験用試作機の製作

本研究で使用する試作機を図2に示す。リニアレールからロボットが釣り下げられており、ロボットはDCモータで左右に駆動される。ロボットはスライダーとマニピュレータに分かれている。

スライダーにはカメラとレーザーレンジファインダー(以下、LRF)、そしてLEDが取り付けられている。カメラは画像によるピーマンの認識に使用される。LRFは赤外線レーザー光を目標物に照射し、その反射により目標物までの距離を測定出来る機器で今回はピーマンの姿勢の認識に使用する。LEDは夜間での収穫時に使用される。スライダーの上下移動にはステッピングモータを使用している。

マニピュレータにはサーボモータが関節部に取り付けられており、先にはピーマンの茎部分を切るためのハサミが付いている。関節を回転させることにより、アームを駆動し、手先のハサミで収穫を行う。

以下の2.3~2.5ではロボットの認識と動作実験についての説明を示す。2.3はカメラによるピーマンの画像認識の説明、2.4はLRFによるピーマンの姿勢認識の説明、2.5ではマニピュレータの動作実験の説明をそれぞれ示す。

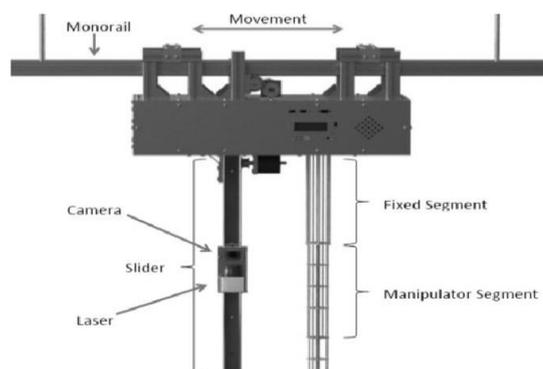


Fig.1 Conception of harvesting robot

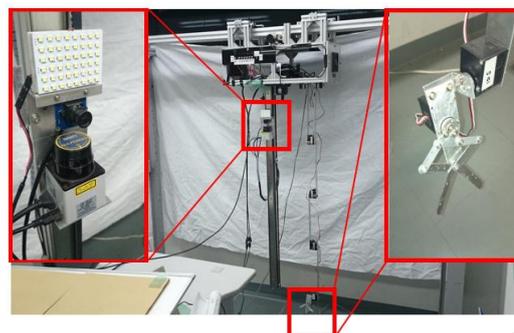


Fig.2 Prototype of harvesting robot

2.3 カメラによる各ステップの画像認識

カメラによる画像認識の説明の前にピーマンと葉の色の違いについて説明をする。図3はピーマンと葉の色相に対する明度の比較図、図4はピーマンと葉の色相に対する彩度の比較図を表す。赤色がピーマン、青色が葉を表す。人間の目ではピーマンと葉は同じ色に見えるため、色の違いが判別しづらいが実際にグラフで見ると図3より明度の値は重なる部分が多く、判別が難しいと考えられる。しかし、図4より彩度の値は異なる部分が明確で、判別が明度に比べて容易であることが分かる。

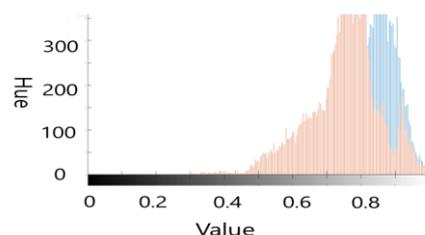


Fig.3. Comparison of value against hue of green peppers and leaves

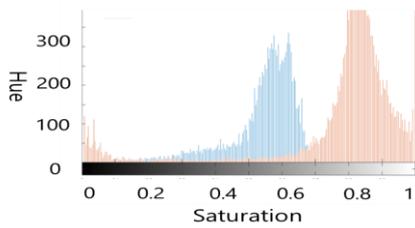


Fig4. Comparison of saturation against hue of green peppers and leaves

カメラによる各ステップの画像認識の様子を図 5 に示す。元の RGB の画像(赤-緑-青の色空間の画像) (a)をグレースケールフォーマットに変換し, HSV(色相-彩度-明度の色空間の画像)の彩度の閾値処理前の画像(b)にする。ピーマンと葉の色の違いの説明において彩度の判別は容易だが, 明度の判別が困難なことが分かっているので, まずマスクを適用し, 背景(紫色)をトリミングして除去する(c)。次に明度の原因となる輝点(紫色)を「hotspot」と呼ばれるピーマンの光の反射率が最大になる場所の閾値を利用して除去する(d)。(e)は輝点が除去された RGB の画像, (f)は輝点が除去された HSV の彩度の画像を表す。そして彩度の判別を行い(g), 明度と彩度の判別処理が行われた最終的な RGB の画像となる(h)。これらの認識よりピーマンに最も近い対象物が全て検出される。

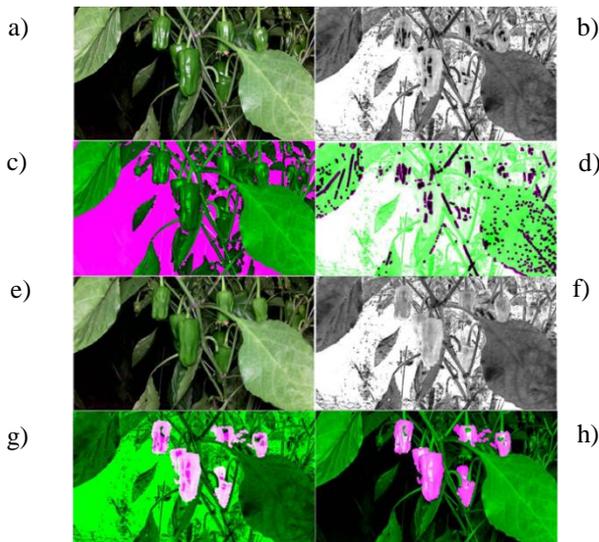


Fig.5 Recognition of each step by the camera

2.4 LRF による姿勢認識

LRF はピーマンの姿勢の認識に使用され, その様子を図 6 に示す。図 6 はピーマンの表面までの距離を LRF により測定した線を赤色で表している。表面データからピーマンの姿勢をコーン状の表面として推定することにより姿勢を推定する。青色が推定したモデルとしてのピーマンを表している。

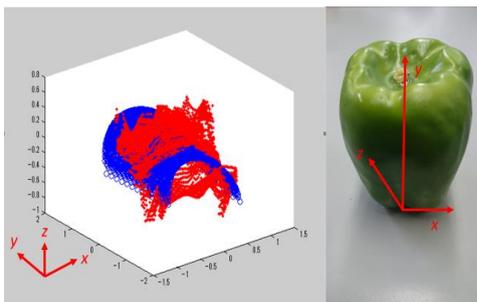


Fig.6 Recognition of orientation by laser range finder

2.5 マニピュレータの動作実験

モーションキャプチャを使用し, シリアルサーボモータのポジション値を変更して, モータの回転角を変えたときのマニピュレータの手先の位置を見た。ポジション値は以下の式で表される。ポジション値はニュートラル値が 7500, 最小値が 3500, 最大値が 11500 となっている⁽²⁾。なお今回はポジション値を 7500, 7750, 8000 の 3 つの値で動作実験を行った。

$$a = b \times t + 7500 \quad (1)$$

a : ポジション値

b : 入力値

t : 丸め係数(0.0175)

図 7 はマニピュレータの図で赤色の丸はマニピュレータの関節部分を表しており, この 5 カ所に印をつけた。また黒色の矢印はサーボモータの回転方向を表す。一番下のエンド・エフェクタ部分は手先の位置となるので省略する。動作実験の結果を図 8 に示す。ポジション値が 8000 のときが最も収穫位置が高い結果となった。ポジション値を大きくすることでサーボモータの回転角も大きくなり, マニピュレータがより曲がっていくので, それに伴い手先の位置が高くなったと考えられる。

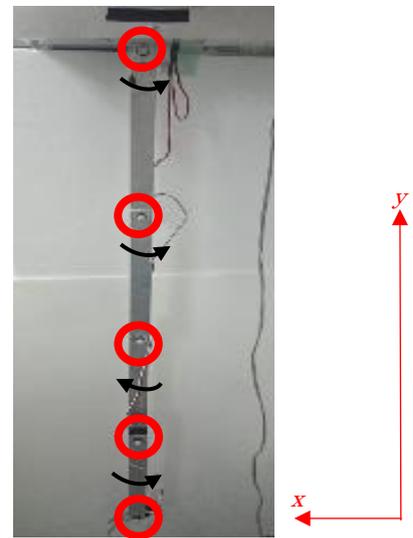


Fig.7 A diagram of a manipulator

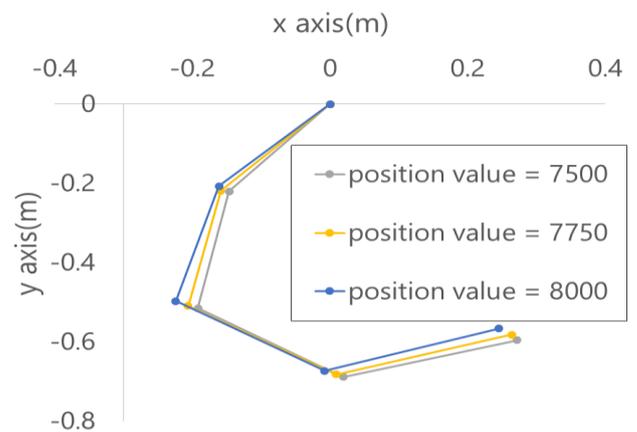


Fig8. Operation result of manipulator

3. 結果と考察

ピーマンを 1 個配置し, 制御ソフト MATLAB を使用してプログラムを組み, コンパイルを行った。図 9 はスライダ移動によるカメラと LRF のピーマンの認識の様子を表す。

図 10 はプログラムをコンパイルし, リニアレール, スラ

イダー、LRF、カメラ、マニピュレータの初期化が完了した後、図9のようにカメラとLRFによるピーマンの認識をしたときの結果を表す。「Found 1 targets」が目標の対象物であるピーマンの検出数を表す。

結果としてピーマンの検出はきちんと行えた。しかし、収穫時にズレが生じ、ピーマンの収穫が行えなかった。これは収穫時にマニピュレータが大きく振動することからマニピュレータ自体の剛性の低さが原因と考えられる。



Fig.9 Recognition of peppers of camera and laser range finder by slider movement

```
INITIALIZATION of the SYSTEM  
  
Opening ports for communication:  
Railway... done  
  
Slider... done  
  
Laser Range Finder... done  
  
Camera... done  
  
Manipulator... done  
  
INITIALIZATION COMPLETE  
  
Performing target recognition... done  
  
Found 1 targets
```

Fig.10 Initialization and number of peppers detected

4. 結言

今回、グリーンハウス内での運用を仮定し、天井に敷設したリニアレールを用いた自動収穫ロボットの構想を示した。

本研究で使用する試作機はスライダとマニピュレータに分けられ、スライダにはカメラ、LRF、LEDが備え付けられている。カメラによる画像認識とLRFによる姿勢認識によってピーマンの認識を行っている。またマニピュレータはピーマンの収穫時に使用される。

そして実際にMATLABでプログラムを作成し、コンパイルして動かしてみた。その結果、ピーマンを検出することが出来たが収穫時にズレが生じた。これはマニピュレータ自体の剛性の低さが原因と考えられる。今後はマニピュレータの設計を見直し、剛性を高めてズレの修正を行う予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり研究のご助言をして戴いた Peteris Eizental さん、同研究室の徳永 貴昭先輩に深く感謝の意を表します。

文献

- (1) 農林水産省
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h23_h/trend/part1/c_hap3/c3_3_02.html
- (2) 近藤科学株式会社
<http://kondo-robot.com/faq/serial-servo-method-tech-4>