

3軸制御ロボットを用いた優良苗選別システムの検討

SELECTION OF HEALTHY SEEDLINGS BY USING A 3-AXIS CONTROL ROBOT

吉澤 豊¹⁾, 西浦拓臣²⁾, 眞鍋保彦³⁾, 宇佐見仁英⁴⁾, 川田重夫⁵⁾

Yutaka Yoshizawa, Takumi Nishiura, Yasuhiko Manabe, Hitohide Usami and Shigeo Kawata

1)宇都宮大学工学部電気電子工学科(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, t152395@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

2)宇都宮大学工学部電気電子工学科(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, t152363@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

3)修(工) 沼津工業高等専門学校電気電子工学科(〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600, manabe@numazu-ct.ac.jp)

4)工博 玉川大学学術研究所(〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1, usami@lab.tamagawa.ac.jp)

5)工博 宇都宮大学大学院工学研究科(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, kwt@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

A 3-axis control robot system was developed for a planting support in plant factories. Healthy seedlings are transferred successfully from original places in a cultivation tray to the target positions in another tray, which is sent to the cultivation room of the plant factory. Our robot system would contribute to the future smart agriculture in order to reduce the production costs in the conventional agriculture. In our study a control interface was developed between the 3-axis control robot and a control PC. The interface is based on the Arduino and motor drivers. In the near future the selection system of healthy seedlings using an image processing is installed in our 3-axis control robot in order to complete the automated planting for plant factories.

Key Words: Robot Planting, Plant Growth Detection, 3-Axis-Robot Control

1. はじめに

現代、日本では農業従事者の高齢化が進み、労働力不足が深刻な状況である。その解決策の1つとして、スマート農業への取り組みが急速に加速している。スマート農業とは、「ロボット技術やICTを活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業」¹⁾を指す。スマート農業の一つとして植物工場が挙げられる。今日、植物工場が全国各地で操業しており、その数は平成30年2月時点で373箇所²⁾に及ぶ。しかし、植物工場では製造コストが露地物栽培と比較して高額になる結果、販売価格も高い傾向にある。そこで我々は、植物工場におけるコストを削減するため、定植に至る直前の“優良苗の選別作業の自動化”に着目した。通常、優良苗の選別作業は植物工場のスタッフがっており、人件費の出費は避けられない。この工程を自動化することができれば、人件費のコストが削減され、植物工場全体のコスト低下に繋がる。

本研究では、植物の苗を画像処理によってリアルタイムに優劣を判定し、3軸制御ロボットを用いて優良苗の選別作業を自動化することで植物工場のコストを削減することを目的とする。

2. ロボットシステムの概要

右段上部の図1にシステムの概要図を示す。図1のように、苗群の上部より定点撮影を行い、得られた写真を解析して、優劣を判定した後に、ロボットで苗を選別する。

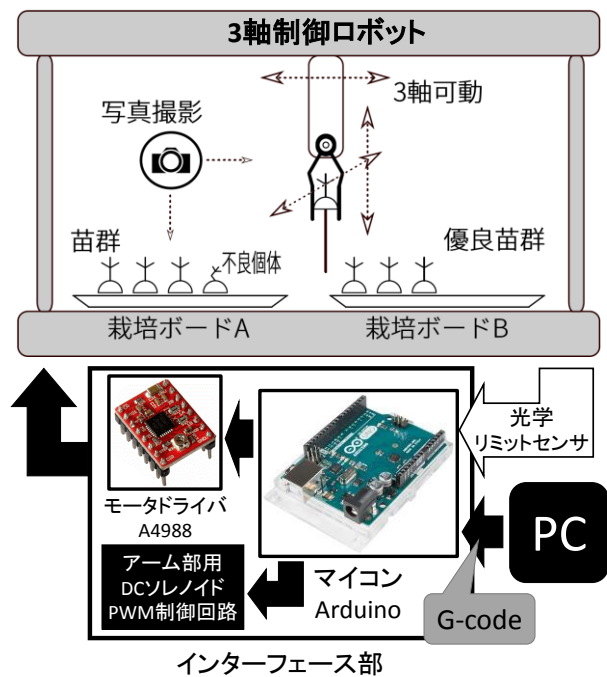


図1 ロボット制御システム概要図

2. 1 ロボット部

図1の通りロボットのステッピングモータとDCソレノイドはコンピュータからArduino³⁾を介して制御されている。制御にはG-codeと呼ばれる言語を使用している。G-codeは主にCNC(computerized numerical control)の分野で用いられている。

2. 2 画像処理部

本システムでは苗の優劣判定を画像処理により行う。苗の写真撮影し、形状や色等から優劣を判定する。その際、優劣判定の主となるポイントは“葉面積”（苗の葉の面積）と“根長”（苗の根の長さ）等がある。定点観測で上面からの撮影を行い、撮影画像から葉の部分抽出することで優劣判断を行っている^{4,5)}。

3. ロボットと制御PC間のインターフェース設計

本研究に使用している定植ロボットの外観図を図2に示す。ロボットには表1のパーツが搭載されているため、そのデバイスをコンピュータで制御するためのインターフェースの作成を行った。また、本研究では「bCNC」⁹⁾と呼ばれる、PythonベースのCNCソフトウェアでコンピュータからG-codeを送信し、ロボットを制御している。

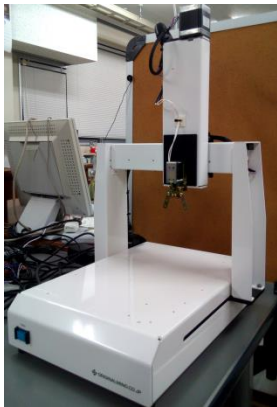


図2 定植ロボット外観図

表1 ロボットの主要パーツリスト

パーツ名	個数	In / Out	備考
光学センサ	5	入力	リミットセンサ
ステッピングモータ	3	出力	XYZ軸制御用
DCソレノイド	1	出力	アーム部用

3. 1 入力デバイスについて

入力として、リミットセンサがX軸とY軸に、それぞれ2個とZ軸には1個設置されている。このリミットセンサにはオムロン社製の「EE-SX97」という光学センサを採用している。データシート⁶⁾を参考に、図3のセンサ回路を作成した。電源電圧はVcc=5[V]である。

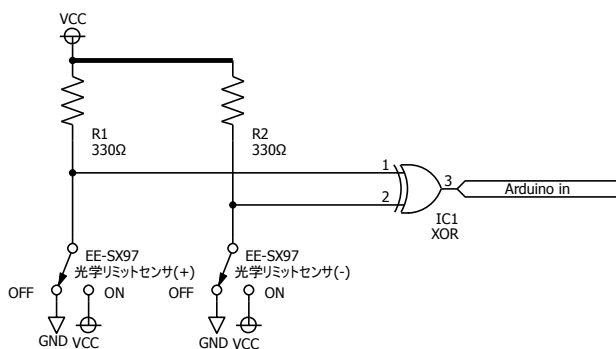


図3 光学リミットセンサ回路

3. 2 出力デバイスについて

出力デバイスにはユニポーラ型のステッピングモータとDCソレノイドが設置されている。

a) ステッピングモータ

ステッピングモータの制御はArduinoとモータドライバの組み合わせで行った。モータドライバはAllegro社の「A4988」を使用した。モータの定格が1.2相[A]なので、式(1)⁷⁾より、モータドライバ全体の最大電流値が $I_{lim}=1.2[A]$ になるように、リファレンス電圧を $V_{ref}=0.96[V]$ とした。使用した「A4988」では $R_{cs}=0.1[\Omega]$ であった

$$I_{lim} = \frac{1}{8 \times R_{cs}} \times V_{ref} = 1.25 \times 0.96 = 1.2[A] \quad (1)$$

b) DCソレノイド

DCソレノイドの制御はPWM制御で行っている。参考文献⁸⁾を元に設計した回路図を図4に示す。モータ用電源は定格24[V], 2.5[A]のACアダプターを使用しているので $V_{cc}=24[V]$ である。PWMの周波数は0.98[kHz]である。

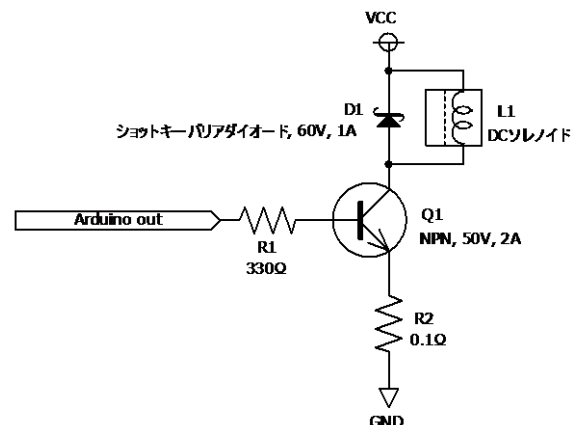


図4 DCソレノイドPWM制御回路

4. ロボットの動作テスト

試作したインターフェースと3軸制御ロボットと制御用のコンピュータを用いて動作テストを実施した。ロボットのアームによって苗用スポンジXを上から掴み、地点Aのポケットから地点Bのポケットに掴んで移動させることを動作テストの課題とした。図5に概要図を示す。

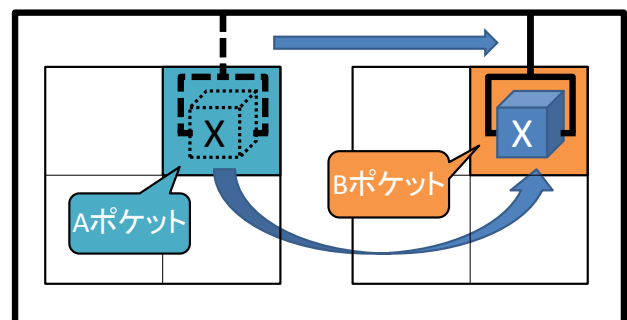


図5 動作テスト概要図

テストを複数回実施したところ、すべてのテストで苗用スポンジXを地点Aのポケットから地点Bのポケットに移動させることができた。しかし、実際の植物の苗はZ軸プラスの方向に成長するので、苗入りスポンジを上から掴んでしまうと苗を傷つけてしまう恐れがある。このことから、画像処理によって苗を避けるように数値制御する必要性があることが分かった。また、苗用スポンジの移動テストの結果には影響しないレベルで3軸制御ロボットに誤差が生じているので、動作精度に関しては今後、検討していく。

5. まとめ

植物工場における生産コスト削減を目的に、3軸制御ロボットによる苗の定植システムを開発した。システムは、ロボット部、インターフェース部、制御コンピュータで構成され、今回は主にインターフェース部の設計、作成を行った。インターフェース部はArduinoをベースに入出力デバイスの制御回路を設計した。ロボットの動作テストとして、苗用スポンジの移動を実施したところ、良好な結果が得られた。動作テストの結果に影響しないレベルで誤差が生じているので、今後検討していく。

定植システムを画像処理部に組み込むことで本研究のテーマである「優良苗の選別作業の自動化」は達成されたと考えている。本研究により、植物工場における生産コストを削減することができれば、我が国のスマート農業はさらに発展していくと考えている。

参考文献

- 1) 農林水産省：スマート農業とは
<http://www.maff.go.jp/j/heyasodan/17009/02.html>
- 2) 一般社団法人 日本施設園芸協会：平成29年度次世代施設園芸地域展開促進事業(全国推進事業) 大規模施設園芸・植物工場実態調査・事例調査, p.29, 2018.
- 3) Arduino.cc：What is Arduino? (Official Introduction)
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- 4) 眞鍋保彦, 宇佐見仁英, 前田太陽, 西浦拓臣, 吉澤豊, 川田重夫：植物工場における優良苗検出のためのPSEシステム, 2018
- 5) 西浦拓臣, 眞鍋保彦, 宇佐見仁英, 吉澤豊, 川田重夫：植物工場における優良苗の判定, 2018
- 6) オムロン社：光学センサ「EE-SX97」データシート, P.4
https://www.fa.omron.co.jp/data_pdf/cat/ee-sx97_ds_j_1_9.pdf?id=2716
- 7) Allegro社：モータドライバ「A4988」データシート, P.9
<https://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/A4988-Datasheet.ashx?la=ja-JP&hash=B153D2996EF9D6201461233D2BE92CBB2553DC8C>
- 8) 河西 真史, 鶴見 恵一, 山本 健一：PICマイコンによるメカトロニクス入門, P.169, CQ出版社, 2005
- 9) GitHub：bCNC, <https://github.com/vlachoudis/bCNC>