

# 小型水耕栽培装置におけるコントロールシステムの開発

情報・通信工学科 学籍番号：1111091 成見哲研究室 佐藤知哉

## 1 はじめに

水耕栽培とは、土壌を全く使用せず、生長に必要な養液で植物を育てる方法で、土壌を使用しないことにより雑菌や病害虫の影響が少なく、農薬の使用も最小限で済むため安全で高品質な作物が作ることができる [1]。また、現在大規模植物工場や旧半導体工場を再利用し、水耕栽培用植物工場が建設されている [2]。これらの施設で水耕栽培を行うには、制御・管理システムを用いる為、工学的な技術が求められる。

しかし、水耕栽培施設は導入コストが非常に高く、広いスペースが必要となることがデメリットとして挙げられる。また、葉物以外の野菜や果物の栽培例は少ない。さらに、水耕栽培においても育て側のノウハウによって作物の品質に影響を及ぼす。そこで本研究では、導入しやすい低コストな小型水耕栽培装置を用いて、センサ等を用いて装置の制御を自動化・管理を行うシステムの開発を行い、植物の発育に必要な条件を効率的に見つけることを目標とする。

## 2 先行研究

### 2.1 Garduino

Garduino[4] は Luke Iseman が作成した Arduino を用いた室内ガーデニングを運営するための装置である。植物が乾いている時のみ水をやり、太陽光の量にもとづいて補助照明を付け、気温が植物に適したレベルを下回ると警告をする機能を持つ。植物の発育と関係なく制御を行う為、栽培の補助装置としての利用に限られる。

### 2.2 Green Farm

Green Farm[3] は株式会社ユーイングが販売している家庭用水耕栽培器である。白色 LED 照明やファンを備えた水耕栽培器であり、おもにレタスなどの葉物野菜の栽培に適している。しかし、Green Farm には養液の温度を保つためのヒータが存在しない。また、LED 照明もタイマー作動であるため、光量の調整は行うことができない。

### 2.3 簡易化した水耕栽培装置による葉菜類の生育について

松井の研究 [5] では、装置自体の簡素化による栽培コストの低下を目的として、培養液の非循環によるチンゲンサイの栽培実験を行っている。その実験結果では、培養液補給をしない貯溜養液による水耕栽培では、循環養液栽培に

比較して著しく生育が劣っていることが確認された。本研究においても装置の小型化を行うが、この結論からも培養液の循環機構は必要不可欠である。

### 2.4 本研究との差異

前節までに挙げた製品は、タイマーや基準値に基づいて制御が行われるものである。また、育成の難しい植物に対して、ヒータ等の制御機能が十分に実装されていない。そこで、本研究では、センサデータに基くより細かく、複雑な制御が可能となる装置を作製し、より育成の難しい植物にも対応する。

## 3 システムの仕様

### 3.1 システム全体の概要

本研究におけるシステムの全体図は図 1 の通りである。各水耕栽培装置にてマイコンとして Arduino[6] を用いてセンシングを行う。それらのセンサデータを ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータである Raspberry Pi[7] が受け取り、ログデータを作成・蓄積する。また、定期的に蓄積したログデータをサーバ側に送信し、データベースとして格納する。逆方向の通信として、サーバ側からデータベースに基づいた装置の制御命令を Raspberry Pi に送り、該当する水耕栽培装置へと適用させる。

### 3.2 小型水耕栽培装置

本研究で使用する小型水耕栽培装置は、山本正人氏が設計した水耕栽培装置 [8] を小型化したものである。この装置内部にはパイプがあり、パイプ内部を養液が循環するようになっている。循環の際には揚水ポンプを用いている。また、このパイプには穴が開いており、その箇所を植物を

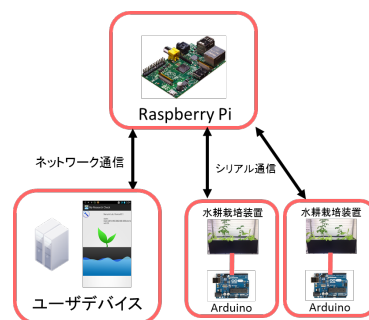


図 1 システムの全体図



図2 作製した小型水耕栽培装置

植える。

### 3.3 Arduino によるセンシングシステム

本研究では、水位センサ、照度センサ、温度センサを Arduino を用いて実装した。また、LED 照明用調光回路を作成し、Raspberry Pi の制御命令により 256 段階の調光を可能とした。

### 3.4 Raspberry Pi によるデータ収集・管理システム

本研究では、Raspberry Pi に各水耕栽培装置の環境パラメータを記述した設定ファイルに基いて各水耕栽培装置の管理を行わせる。Arduino に対してセンサデータの取得命令や LED 照明の照度設定命令、サーバ側へのログデータのアップロードを 30 分毎に行う。

### 3.5 ユーザアプリケーション

Raspberry Pi が作成したログデータを閲覧できる Android アプリケーションを開発した。作成したアプリは、サーバに保存された最新ログデータを参照し、水耕栽培装置の水位センサ値や照度センサ値を基にその結果を UI 上に表示するものである。

## 4 評価実験

本研究で開発したコントロールシステムと小型水耕栽培装置を用いて、照度の違いによる 2 つのキャベツの生長の変化を比較した。一方の LED 照明を常時最大照度の 50 % で照らし続け、もう一方は朝 9 時から夜 21 時までの 12 時間を最大照度 100 % で照らし続ける。2014 年 12 月 17 日から 2014 年 12 月 23 日の一週間の測定を行った結果を

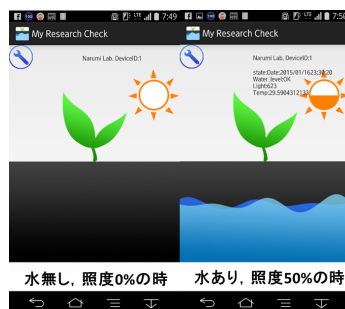


図3 エンドユーザ用スマートフォンアプリケーション

測定部	植物の高さ	葉の枚数	消費電力	消費電力あたりの植物の伸び
照度 50 %側	+1.7cm	± 0 枚	0.33kw	5.15cm·kw <sup>-1</sup>
照度 100 %側	+2.1cm	-1 枚	0.41kw	5.12cm·kw <sup>-1</sup>

表1 消費電力に対する植物の伸び具合

表 1 に示す。実験の結果、照度 100 % 側では葉の枚数が減ったことや消費電力あたりの生長度からも、照度 50 % に設定した方がよく生長したと思われる。

## 5 まとめと今後の課題

本研究では、Arduino, Raspberry Pi を用いた小型水耕栽培装置におけるコントロールシステムを開発することにより、装置のセンサ値のロギング及び装置の自動制御を実現した。ここで、本研究で到達できなかったこと、また、本研究を行っている際に発見した問題点を以下に示す。

- ユーザデバイスからの制御  
ユーザの利便性を考慮し、アプリケーション側から設定ファイルの編集、管理プログラムの手動実行が可能となる機能の実装が望まれる。
- 虫害  
小型水耕栽培装置の運用の際、完全な屋内の栽培にもかかわらず、虫害の影響を受けた。植物の発育に影響を与えるため、対策が必要である。
- 将来性  
実用化に向けてハード、ソフト面ともに本研究で製作したシステムを基に発展させていきたい。

## 参考文献

- [1] 独立行政法人 工業所有権情報・研修館, 平成 17 年度特許流通支援チャート 水耕栽培 (植物工場), 2006
- [2] 富士通 ホーム&オフィスサービス株式会社, <http://jp.fujitsu.com/group/fho/>, 2015 年 1 月 20 日
- [3] Green Farm, <http://www.greenfarm.uing.utc.co.jp/>, 2015 年 1 月 20 日
- [4] Garduino, <http://garduino.dirtmail.com/>, 2015 年 1 月 23 日
- [5] 松井範義, 簡易化した水耕栽培装置による葉菜類の生育について, 神戸大学農学部研究報告 21(1), 31-37, 1994-01
- [6] Arduino, <http://arduino.cc/>, 2014 年 10 月 01 日
- [7] Raspberry Pi, <http://www.raspberrypi.org/>, 2014 年 10 月 01 日
- [8] ベランダいちご園, <http://www.cam.hiho.ne.jp/veranda-ichigoen/>, 2015 年 1 月 20 日