

AI と IoT を活用した家庭菜園管理システム Smart Home Gardening Management System Using AI and IoT

ボブルホノフ アスリディン[†] マヌアン アカ トーマス[†] 平石 広典[†]
Asliddin Boburkhonov Manouan Aka Thomas Hironori Hiraishi

1. はじめに

本研究では、AI と IoT 技術を組み合わせた家庭菜園管理システムを設計することで、持続可能な食料生産を促進することを目指している[1]。本研究で設計した家庭菜園システムでは、土壌の湿度や光の状態をリアルタイムに監視し、給水や光量の調整を自動的に行うことができる。また、画像データより、植物の成長状態をモニタリングすることが可能である。

本研究では、給水のためのアルゴリズムを考案し、短時間で繰り返し実験を可能にするため、実際の土壌の代わりに吸水・乾燥の反応が早いスポンジを 1/10 スケールの代替素材として用いた。また、LED による光量変化の実験、および、画像による成長状態のモニタリング実験を実施した。その結果について報告する。

2. システムの概要

図 1 は、本研究の全体システムである。プランタには、土壌湿度センサ (Moisture Soil v1.2, 1 台)、光センサ (TEMT6000, 2 台)、小型給水ポンプ (1 秒=10cc, 1 台)、LED ライト (WS2812B 60LED) を備えている。これらは全て 1 台の Arduino UNO に接続されていて、リアルタイムにセンサのデータを収集したり、給水や LED の制御が可能である。さらに、植物の成長状態をモニタリングするために、固定カメラ (iPhone 11, 1 台) を配置した。



図 1 家庭菜園システム

光センサ 1 は周囲の光量を測定するもの、光センサ 2 は、プランタ内の光量を測定するものである。光センサ 1 は、環境の明暗に応じて LED ライトを自動的に点灯・消灯することが可能であり、植物が一定の光量を確保できるようにしている。

3. 給水実験

本研究では図 2 に示したようなスポンジを使用したシミュレーション環境を構築し、短時間かつ繰り返し可能な実験が可能となり、制御アルゴリズムの迅速な検証が行えた。実験では、枝豆の育成を目的として、土壌湿度を 60~70% 間にキープするように給水を行えるかどうかの検証を行った[2]。

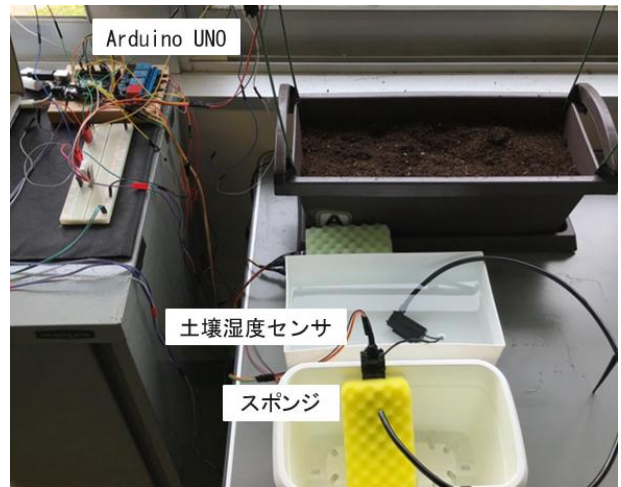


図 2 給水システム

アルゴリズムは、まず初期に 0.5 秒の給水を行い、その後 5 秒ごとに湿度を測定する。測定値が 60% 以下であった場合にのみ、再度 0.1 秒の給水を実行する仕組みとした。さらに、各給水後の湿度の最大値に応じて、次回の給水時間を ± 0.1 秒の範囲で自動調整する機構を実装している。最大湿度が 75% 以上であれば給水時間を短縮し、65% 以下であれば給水時間を延長、66~74% であれば変更しない。これにより、水の与えすぎを防止しつつ、乾燥を避ける最適な水分環境を実現できるように設計した。図 3 は、給水時間による湿度の変化の様子を示した。

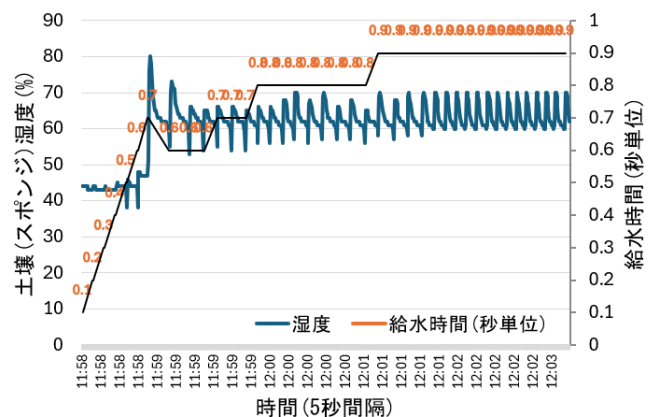


図 3 給水システムの実験

[†] Ashikaga University, Faculty of Engineering

実験では、湿度44%からスタートし、0.5秒の初期給水を経て、以降の給水時間は0.1~0.6秒の間で調整された。0.7秒の給水では急激に湿度が80%以上に上昇したため、次のサイクルでは自動的に0.6秒に短縮され、過剰な給水が抑制された。その後も再給水と調整を繰り返す中で、最終的に0.9秒で安定し、湿度を60~70%の範囲に維持することに成功した。

4. 験光量変化の実験

光量制御については、自然光を活用しつつ、必要な場合のみLEDを点灯させる省エネルギー設計を目指した。一般的な「常時照明」ではなく、「必要時のみ照明を補う」という考えに基づき、LEDの制御アルゴリズムを構築した。光センサは2台使用し、1つは屋外に設置して外部環境の明るさを検知し、もう1つはプランタ内部に設置して植物に届く実際の光量を計測する。

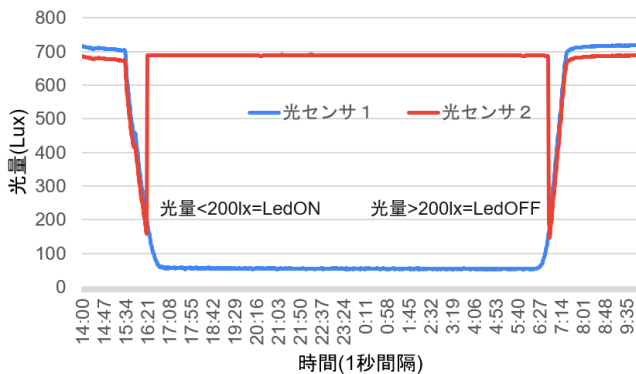


図4 光量変化の実験

制御ルールとして、光センサ1(室外)が200Lux以下を検出した場合にLEDを点灯し、200Lux以上を検出した場合にLEDを消灯するという明確な基準を設けた。図4は光量の変化を示しており、16:19頃に光センサ1が反応し、LEDの点灯を行なった。それにより光センサ2の値が高くなっている。また、6:50頃に光センサ1が反応し、LEDの消灯を行なった。

5. 成長状態のモニタリング実験

本研究では枝豆を対象に、成長状態のモニタリングを実施した(2024年4月22日から7月19日)。固定カメラにより画像データを収集し、およそ100枚の画像を撮影した。画像データから成長状態や病害虫の有無を検出するため、収集した画像を、健康な葉(healthy)、葉焼け50%(leaf scorch(50%))、葉焼け90%(leaf scorch(90%))、枝豆(soybean)の4つに分類を行なった。そして、物体検出のための深層学習モデルであるYOLOv8を採用し、画像データの自動分類を試みた。

実行結果を図5に示した。図5上は、5月22日の画像であり、下は7月3日の画像である。認識した部分は四角で表示され、数字はその信頼度を表している。図5上は、成長の早い段階であり、主に健康な葉が検出されている。また、図5下では、収穫に近い状況であり、葉焼けの状態や、枝豆の状態が認識されていることがわかる。



図5 成長状態の自動分類の結果

6. おわりに

本研究では、土壌湿度と光環境の自動制御による家庭菜園管理システムの構築を目指し、IoT技術と条件付き制御アルゴリズムを活用した実験を行った。湿度制御においては、スポンジを用いた1/10スケールの条件付きアルゴリズムによる短期シミュレーションを実施した結果、湿度60~70%を維持しつつ、給水量の自動調整が可能であることを確認した。また、光センサによって植物周辺の明るさをモニタリングし、200Luxを下回ったときのみLEDを点灯する仕組みを導入することで、無駄な電力消費を抑えつつ、植物にとって必要な光量を維持するシステムが実現できた。さらに、植物の成長状態のモニタリングとしては、カメラによる定点撮影とYOLOv8を用いた画像分類により、植物の成長状況や実の発生をモニタリングすることが可能であることが分かった。

今後の課題としては、スポンジ実験の成果を土壌実験に応用するため、給水時間やセンサ応答時間のスケールリングを行うとともに、成長状況・湿度・光量の関係性を統合的に分析し、安定した家庭菜園制御モデルの構築を目指す。

参考文献

- [1] Choudhari, Gauri & Dagale, Pratik & Dashetwar, Isha & Desai, Rutuja & Marathe, Abha. (2023). "IoT-based Smart Gardening System". Journal of Physics: Conference Series. 2601. 012006. 10.1088/1742-6596/2601/1/012006.
- [2] 増田 亮一, 橋詰 和宗, 金子 勝芳: 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響, 日本食品工業学会誌, vol.35, No.11, pp.763-770(1988). doi:10.3136/nskkk 1962.35.11_763.