

## センサーと制御機器を組み合わせた灌水作業効率化システムの開発と評価

Development and Evaluation of an Irrigation Efficiency Enhancement System  
Combining Sensors and Control Equipment今野 優雅<sup>†</sup> 千葉 慎二<sup>†</sup>  
Yuga Konno Shinji Chiba

## 1. 研究背景と目的

現代の日本農業において、農業従事者の減少、高齢化が大きな課題になっている。令和元年から令和 5 年にかけて 24 万人の農業従事者が減少している一方、65 歳以上の割合は年々増加している[1]。そのため、近年ではロボット、AI、IoT 等の先端技術を活用する「スマート農業」が注目されている。スマート農業はこれまでも多くの圃場で活用されているが、性能や耐久性に加えて大規模システムの導入を必要とするものが多い。それらのシステムは多額の資金を必要とするため[2]、中小農業への普及は難しい現状である。

本研究では、広域通信を可能とする LPWA による独自のネットワークを圃場に構築し、農業設備を制御する遠隔制御ノード、環境計測をするセンサノードによる IoT システムを低コストで圃場に設置することで、農作業の効率化・自動化の実現を目的とする。本件では、ブルーベリー農園での実証実験の結果を報告し、本提案手法の有効性について検証する。

## 1.1 先行研究の成果

本研究の先行研究として、農業用アプリケーションを用いた IoT システムの開発を行っている(図 1)[3]。本アプリケーションでは、各圃場に設置している各種センサの計測値をグラフで可視化する機能、ビニールハウス用カーテンやスプリンクラーの遠隔制御機能、農作業・生育記録機能などを有している。現在も実際に農家の方々に利用していただきヒアリングを通じて改良を進めている。



図 1 先行研究のアプリケーション[3]

## 2. 研究概要

本研究では、仙台市秋保のブルーベリー農園に協力して頂き、ブルーベリー栽培のスマート化の研究を行う。農家様へヒアリングを行って行く中で、広範囲のブルーベリー圃場における灌水作業の課題があげられた。従来の灌水作業では、現地の灌水制御機器を操作するために現地へ通い、制御中は灌水状況を確認する必要があった。そのため、農家の方は現地から離れることができなかった。我々の研究室では、スプリンクラーの遠隔制御が行える IoT システム[3]の開発経験があるが、単一の電磁弁制御を対象としたものであった。今

回のブルーベリー圃場では広範囲の灌水を行う必要があり、先行研究のシステムでは灌水制御ノードを複数設置する必要がある。本件では、複数電磁弁を連動制御できるマルチ灌水制御ノードを開発し、機器設置コストの削減と圃場全体の灌水制御の効率化を図った。また圃場には、気象センサノードと土壌センサノードを設置し、これらセンサ計測値による効果的な自動灌水制御を行う「灌水作業効率化システム」を構築し、実証実験を通して検証を行った。

## 3. 提案手法

## 3.1 灌水作業効率化システム概要

灌水作業効率化システムでは、現地に気象センサ・土壌センサ・灌水制御システムを設置し、専用アプリケーション[3]から LPWA 通信網を通じてセンサの値を確認可能とし、また現地に行かずに遠隔で灌水を行うことも可能となり、利用者が現地へ通う負荷・現地作業の負荷を軽減する(図 2)。

利用者が遠隔で灌水を行う際は、専用アプリケーションから“現地状況を確認し、制御時刻・制御内容(灌水範囲)を指定”または“センサ値(例:土壌水分)が一定条件を満たした場合に行う制御内容を指定”することで、現地に設置した灌水制御システムによって自動で貯水タンクから排水を行い、指定された制御内容を完了すると遠隔での灌水作業が完了する。本システムでは、貯水タンクに水位センサを設置することで遠隔で貯水量を確認可能であり、灌水時に貯水量が不足している場合は、排水前に自動で水の汲み上げを行う。また本システムでは、1 つの制御ノードで最大 8 つの電磁弁の制御が可能であり、配管途中に設置した電磁弁の開け閉めによって広範囲の灌水の制御を可能にする。

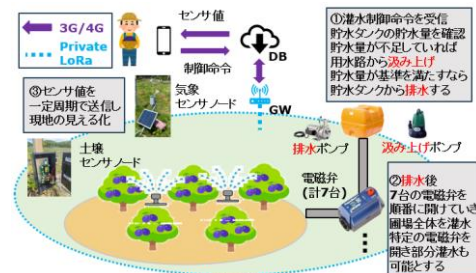


図 2 灌水作業効率化システム全体概要図

## 3.2 センサノードによる環境計測

ヒアリング結果を元に、“温度/湿度”“気圧”“日射量”“風速/風向/雨量”が計測可能な気象センサノード、“地中温度”“体積含水率”“土壌導電率”が計測可能な土壌センサノードを設置している。専用アプリケーションでは、各センサ値を表形式とグラフ形式での確認が可能である。気象センサノードは

<sup>†</sup> 仙台高等専門学校 National College of Technology Sendai

消費電力を考慮し、日射量の少ない環境でも駆動するように大型のソーラーパネルとバッテリーによる電源を用いている。センサには“温度/湿度センサ(SHT-21)”“気圧センサ(LPS22HB)”“日射量(30mAソーラーパネル)”“風速/風向/雨量(Weather station WS1-01)”を用いており、4つのセンサによる7種類の計測を可能とする(図3)。また土壌センサノードもソーラーパネルとバッテリーでの駆動が可能であり、利用者は確認したい土壌にセンサの移動が容易となる(図3)。土壌センサでは「TEROS-12 土壌水分・温度・ECセンサ」を用いた。多くの同価格帯のセンサは抵抗計測法を使用して水分量を計測するが、この計測法では土壌の塩分濃度や温度の影響を受けやすく、計測精度が変動しやすい。一方、TEROS-12は誘電率を測定することで、環境条件の影響を受けにくく、 $\pm 3\%$ と安定した計測が可能である。また耐久性については、2ヵ月の屋外運用試験を実施し、雨風にさらされた状態で正常に動作することを確認した。各センサノードでは、10分周期でデータの収集を行なっている。

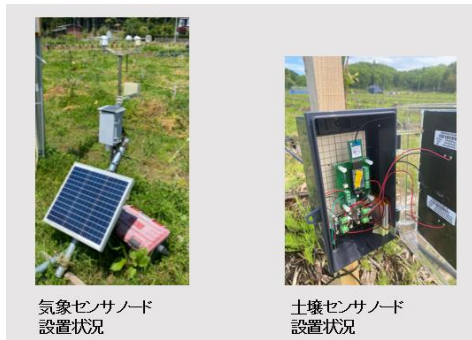


図3 設置した土壌センサ

### 3.3 灌水制御システムによる遠隔灌水

本灌水制御システムは、コントローラとして Arduino Pro mini を搭載し、電磁弁および排水ポンプの制御回路、貯水量を監視する水位センサ、LoRa 通信モジュールで構成されている(図4)。貯水タンク制御ノードは、タンク内に設置された水位センサにより貯水量を監視し、常に一定の貯水量となるよう用水路に設置した排水ポンプを制御する。電磁弁制御ノードは、利用者からの遠隔制御命令によって電磁弁を適切に制御し、貯水タンク内の排水ポンプを制御して灌水を行う。

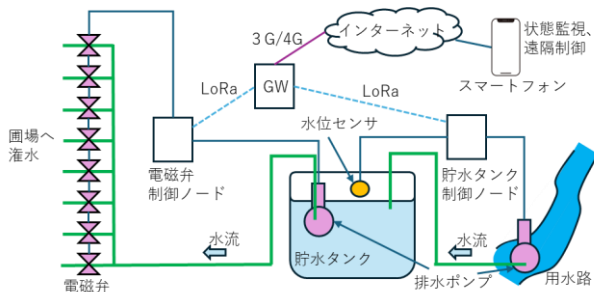


図4 灌水制御システム概要

## 4. 灌水作業効率化システムの評価

本件で作成した灌水制御システムでは、先行研究による制御ノードと異なり、広範囲の圃場における灌水制御であって

も、複数台の制御ノードを必要としなくなった。これにより本件で協力していただいたブルーベリー圃場において、先行研究による制御ノードであれば、約17万円のコストが係るところ、本件の灌水制御ノードでは約11万円で実装可能であり、制御ノードにかかるコストを約2/3まで抑えることができ、目的の1つであるコスト軽減に貢献することができた。

また、研究概要にて前述したが、従来の灌水作業では現地へ通い、灌水状況を確認する必要があった。現地で行う灌水作業は、1回あたり約30分の時間を要しており、その間は他の作業を行うことが困難であった。しかし、本件で作成したシステムにより、冬の期間は雪の影響もあり灌水制御回数が減ったが、8月においては月あたり約900分の灌水作業時間を遠隔制御化した(図5)。これにより、目標の1つである農作業負荷軽減と作業効率化に貢献できたと考えられる。貯水タンクの制御システムが完成することで、現地へ通う負荷・時間をさらに軽減できると考えられる。

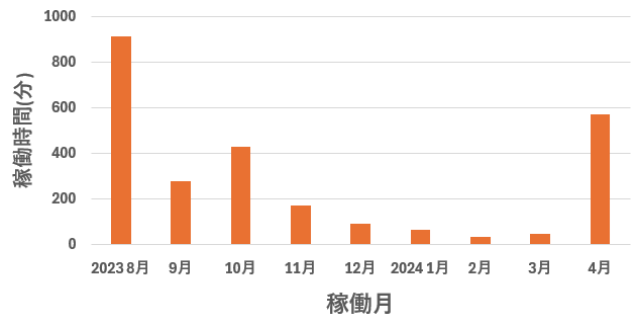


図5 月別における灌水作業軽減時間

## 5. まとめと今後の予定

本件ではブルーベリー農園のスマート化のための灌水作業効率化システムの提案を行った。提案システムをブルーベリー圃場に設置して実証実験を行い、先行研究に比較して導入コストは2/3に抑えることができ、灌水作業の遠隔化により労働負荷軽減を実現することができた。現在のシステムでは、利用者が経験や自身の勘などをもとに制御時刻/制御条件・制御内容を指定しており、「完全」自動化とまでは至っていない。今後は圃場に設置した気象センサや土壌センサの計測値を元に制御条件を自動生成し、灌水制御の完全自動化を試みる。

### 謝辞

本稿の研究開発にあたり、ご協力いただいたブルーベリー秋保様をはじめとする関係者各位に感謝の意を表します。

### 参考文献

- [1] 農林水産省, “農業労働力に関する統計”, <https://www.maff.go.jp/tokei/sihyo/data/08.html>.
- [2] 農林水産省, “スマート農業の展開について”, 8 2020. [https://www.maff.go.jp/kanbo/smart/pdf/smart\\_agri\\_tenkai.pdf](https://www.maff.go.jp/kanbo/smart/pdf/smart_agri_tenkai.pdf).
- [3] 松本 侑真, 千葉 慎二, “市民農園向けスマート農業アプリケーションの開発”, 電子情報通信学会, 2019.