

ハウス内の様々な入出力機器に対応可能な 環境制御システムの提案

登内 啓悟[†] 後藤 将弥[‡] 内山 仁[‡] 峰野 博史[‡]

静岡大学情報学部[†] 静岡大学大学院総合科学技術研究科[‡]

1 はじめに

スマート農業の期待も高まり、農業分野における IoT 機器や AI の導入が進みつつある。特に施設園芸環境では、多種多様なデータの収集が可能になってきており、環境データを活用して、農作物の成長に適した環境制御を行う環境制御システムの普及が進みつつある。中でも熟練農家の環境制御技術を再現するような AI を用いた環境制御システムの研究開発は、新規就農者でも高い品質と安定した生産量を維持できるため注目されている。

熟練農家の環境制御技術の再現には、温度や湿度、日射量といった環境データだけでなく、植物の光合成量や萎れ具合といった植物の状態を考慮することが重要である。また、植物に対して適切な制御を行うには、植物応答まで考慮した適切な制御アルゴリズムのもと、多様な入出力機器を一元的に制御できることが望ましい。

本研究では、IoT 非対応の既存の多様な入出力機器を柔軟に組み合わせて植物応答まで考慮して成長を管理できる環境制御システムを提案する。まずは、既存の噴霧器や送風機、CO₂ 発生器といった既存設備を DIY で簡易 IoT 機器化できる機能を実装する。実際のハウスにて、後付けの噴霧制御システムや送風制御システム、CO₂ 制御システムとして運用可能かどうか基礎検証を実施する。最終的には、植物の状態に応じて熟練農家のような適切な環境制御が可能なアルゴリズムの研究開発を試行錯誤できるような汎用的な環境制御システムの実現を目指す。

2 関連研究

夏季の異常な高温は、ハウス栽培における周年安定生産を妨げており、トマトやバラの場合、日中気温が 35[°C]を超えると生育が不良となり、品質低下や収量も減少する。そのため冷却加湿性能に優れる細霧冷房や強制換気の連携効果など研究[1, 2]されている。また、環境制御によって植物の状態変化を分析する研究[3]や、群落光合成および温室換気程度を考慮した高効率 CO₂ 制御システム[4]、植物状態を考慮した AI 灌水制御の研究[5]も行われ、植物の状態を考慮した環境制御が重要と考える。

一方、ユビキタス環境制御システム (Ubiquitous Environment Control System: UECS) や農業データ連携基盤 (WAGRI) といった施設園芸のスマート化技術の研究開発も進んでいる。ただし、これら先進技術の新規導入や買い替えコストを考慮すると、既存の入出力機器ともシームレスに連携でき、気軽に植物状態を考慮した環境制御の試行錯誤ができるシステムへの期待も大きい。

Proposal of an environmental control system supporting various input-output functions for greenhouses

Keigo Tonouchi[†], Masaya Goto, Jin Uchiyama, Hiroshi Mineno

[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University

[‡]Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

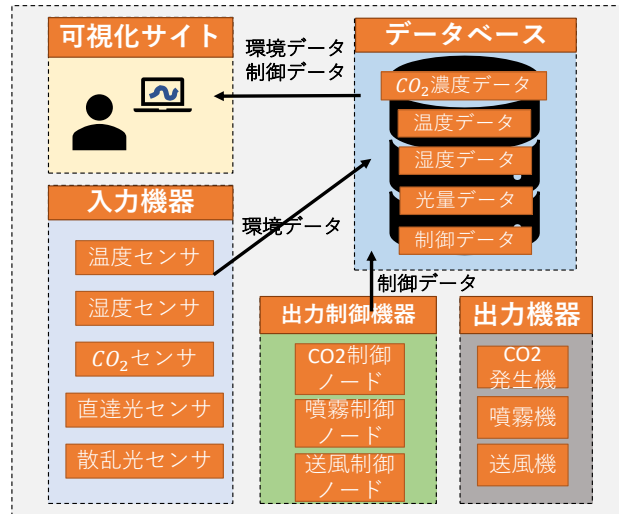


図1 提案システムの概要

3 提案システムの概要

IoT 非対応の既存の多様な入出力機器を柔軟に組み合わせて植物応答まで考慮して成長を管理できる環境制御システムの実現を目指す。図1に提案システムの概要を示す。既存の噴霧器や送風機、CO₂ 発生器といったリモート制御機能を持たない既存の出力機器を簡易 IoT 機器化するために、RaspberryPi 等の GPIO ヘリレー回路を接続して接点制御機能を持つ出力制御機器を構築する。この出力制御機器へ、UECS に準拠した情報通信機能を搭載すれば、他の UECS 機器との相互連携も可能となる。また、WAGRI 準拠のデータフォーマットを用いることで、様々な WAGRI 対応の農業データ連携基盤システムやサービスとの連携も可能となる。以上のように、様々な農業 IoT プラットフォームの提供する入出力機器連携や制御、通知、可視化、分析等を組合わせた各種柔軟なサービスを構築できるようになる。

また、環境制御システムの運用に求められる機能として、各入出力機器の設置位置や状態、通信可否と通信量、スケラビリティ、制御の整合性管理といったデバイス・インフラマネジメント機能、入出力機器やシステム設定を管理するプロファイルマネジメント機能、入出力機器の故障や盗難、不正アクセスや漏洩、匿名化といったセキュリティマネジメント機能等があると便利である。

以上のような将来の拡張も意識しながら、まずは研究室内で植物の状態に応じて熟練農家のような適切な環境制御が可能なアルゴリズムの研究開発を試行錯誤できるように、様々なデータや入出力機器をシステム内で一元管理しやすいようなアーキテクチャで研究開発を進める。

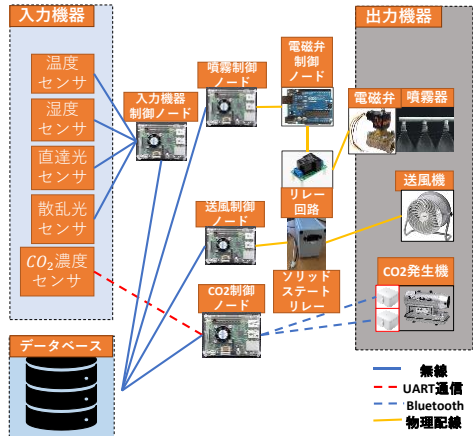


図2 プロトタイプシステムの概要

4 プロトタイプシステムの実装

4.1 概要

図2に、研究開発したプロトタイプシステムの概要を示す。様々な環境制御の中で、CO₂制御を目的とした環境制御システムのプロトタイプを構築した。入力機器として、温湿度センサ、直達光センサ、散乱光センサを搭載する無線センサノード[6]、CO₂濃度センサ（CUSTOM CO2-mini）を用いた。CO₂濃度センサは、CO₂制御ノードとUARTで接続し、上記センサの計測値は、RaspberryPi3を用いて構築した入力機器制御ノードによって研究室データベースサーバへ蓄積される。出力機器として、噴霧器（HIRALIY ミスト屋外冷却システム）、送風機（Suiden SHC-35C-1）、CO₂発生機（静岡製機 HOTGUN）を用いた。噴霧器の制御は、RaspberryPi3のGPIOへ接続したArduinoとリレー回路によって電磁弁を操作することで出力タイミングを制御した。送風機の制御は、噴霧制御装置のリレー回路で大容量ソリッドステートリレーを操作し主電源のON/OFFを制御した。CO₂発生機の制御は、スイッチ部分の上下にSwitchBotを二つ設置しBluetoothでON/OFF命令を送信し制御することとした。

4.2 動作検証

本プロトタイプシステムを実際のハウスへ設置し、動作検証を行った。図3に、噴霧制御と送風制御を実施した日と実施しなかった日（制御実験期間においてハウス外気象条件推移の類似した日）の実験結果を示す。噴霧制御は、飽差を用いた制御を実装し、毎分飽差を計算し飽差が18[g/m³]を超えた幅に応じて噴霧時間（0~45[s]）を制御した。送風制御は、温度を用いた閾値制御を実装し、まずは30[°C]を超えた場合に稼働するように設定した。この結果から、噴霧制御と送風制御は設定どおり稼働し、特に噴霧制御を実施することで気化熱によって若干ハウス内温度を下げられる可能性を確認できた。ただし、簡易的に使用した噴霧器と送風機のため、ハウスサイズに見合う制御能力には至っていないと考える。

図4に、CO₂制御の実験結果を示す。CO₂制御は、ハウス内に複数設置したCO₂濃度センサの平均値が、350[ppm]を下回ったら稼働し、550[ppm]を上回ったら停止するように設定した。ハウス外のCO₂濃度はおおよそ400[ppm]であり、植物は光合成時にCO₂を吸収するため好天の日中はハウス内CO₂が400[ppm]を下回ることが多い。しかし、ハウスは天窓開閉や隙間風などがあるため、400[ppm]以上を維持しようと制御するのはあまり得策で

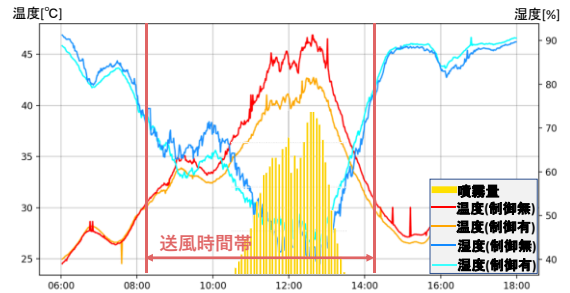


図3 噴霧制御と送風制御の実験結果

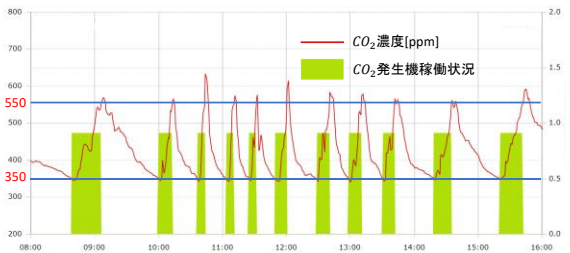


図4 CO₂制御の実験結果

はない。頻繁なON/OFF制御を想定していない既存設備への負担も大きいため注意が必要だが、代表的なフィードバック制御であるPID制御にすることで、400[ppm]周辺を維持させるような制御実現の可能性を確認できた。

5 おわりに

本研究では、IoT非対応の既存の多様な入出力機器を柔軟に組み合わせて植物応答まで考慮して成長を管理できる環境制御システムを検討した。噴霧制御、送風制御、CO₂制御可能なプロトタイプシステムの動作検証を実施し、出力機器の能力に依存するが簡易的な環境制御システムを構築可能なことを確認した。今後、植物の状態を考慮した環境制御アルゴリズムの研究開発に活用していく。

謝辞

実験環境を提供していただいただけでなく、有意義な助言ならびに技術的なご支援もいただいた株式会社 Happy Quality の宮地様、中山様、丹羽様、豊岡様、サンファーム中山株式会社の玉井様、峰野研究室の皆様へ深い感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 松古 浩樹, 他: 施設園芸における超微粒ミスト噴霧と強制換気の組合せ効果, 岐阜県農業技術センター研究報告, No.17, pp.1-12 (2017).
- [2] 樋江井 清隆, 他: 自然換気かトマト施設栽培において昇温抑制に及ぼす超微粒ミスト噴霧器及び遮光の併用効果, 愛知農総試研報, Vol.47, pp.41-49 (2017).
- [3] 速水 悠, 他: 日射比例およびタイマー制御灌水が促成ナスの根と養分の畝内分布に及ぼす影響, 日本土壌肥科学雑誌, Vol.88, No.5, pp.435-440 (2017).
- [4] 今原 淳吾, 他: 群落光合成および温室換気程度を考慮した高効率CO₂制御システムの開発, 園芸学会H30年度春季大会, No.野085 (2018).
- [5] 後藤 将弥, 他: 植物の状態に自律順応する灌水タイミング決定手法の検討, 情処全大, pp.247-248 (2019).
- [6] 小野田 晃久, 他: 施設園芸環境向け無線センサノードの開発, 農業情報学会年次大会, I-01 (2020).