

1W-7

無線センサネットワークを用いた 施設園芸環境向け制御システムの開発と評価

串岡 聡[†] 松野 智明^{††} 鈴木 良典[†] 今原 淳吾^{†††} 鈴木 基嗣^{†††} 峰野 博史[†]

[†] 静岡大学情報学部 ^{††} 静岡大学情報学研究科 ^{†††} 静岡県農林技術研究所

1 はじめに

近年、情報技術によって農業支援に取り組む研究が行われている [1]。これによって温度や湿度といった環境データが農作物の生育や品質に影響を与えることが明らかにされつつあるが、農作物によっては詳しい因果関係はまだはっきりと解明されていない。高品質な農作物を生産するためには、環境データをもとにした、農作物にとって最適な環境となるように制御を行うシステムが必要となる。また、収集した温度・湿度・照度といったセンサデータは、一般に DBMS (Data Base Management System) へ文字列として格納される。そのため、農業の専門家など情報技術の知識がない人も利用できるように、グラフ化など分かりやすい形式にする仕組みも必要である。

農作物への影響の分析を行っていくために、本稿では施設園芸環境へセンサネットワークを構築し、収集したデータのグラフ化と小型ヒートポンプを用いた制御システムの開発と評価を行ったので報告する。

2 関連研究

情報学を用いた農業への取り組みは基本的に生産性の向上を目標としてきた。代表的な例として植物工場が挙げられる [2]。植物工場とは主に閉鎖的な空間内において、植物を計画的に生産するシステムである。作物の栽培に影響があると考えられる農地の情報を人工的に管理し、農作業をマニュアル化することで作物栽培における各要素の一定化を目指している。地域や土地を選ばず、季節・天候に左右されずに安定供給が可能といった利点がある一方、設置コストや運営コストが大きいといった課題も残されている [3]。

海外では大規模な農場でセンサネットワークを用いたモニタリングを行うシステムが検討されている [4]。また、温室においての環境データの収集や機器の自動制御を行う研究も行われている [5][6]。温室にセンサネットワークを構築し、それぞれのセンサが温度や湿度などのデータを収集することで温室の状況を把握できる。さらに、その状況に応じた温室の制御を行っている。しかし、データの収集や制御を行う仕組みを構築するだけでなく実際の環境に導入し、農作物への影響や生育との関係性を明らかにしていくには、実環境での評価が十分であるとは言えない。そこで、実際に農作物が生育している状況でも利用できる制御システムを構築する。

3 制御システム

3.1 制御システムの設計

図 1 に制御システムの概要を示す。制御システムは、ノート PC、センサノード、学習リモコンノード、スマートタップノード、小型ヒートポンプから構成される。温度や湿度の値は 1 分ごとにセンサノード (子) から送信される。スマートタップノードは接続された家電などの消費電力を 1 秒ごとに測定する機器であり、

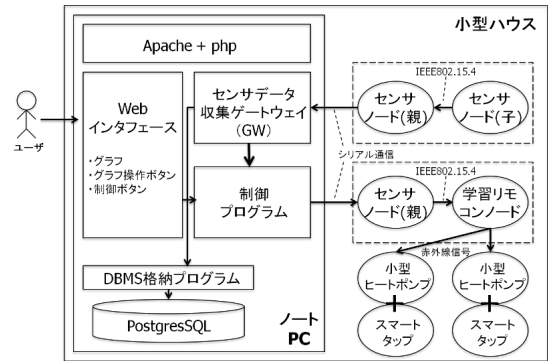


図 1: 制御システム概要

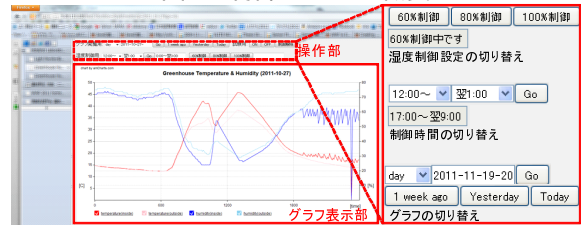


図 2: web インタフェース

小型ヒートポンプの消費電力データを収集することで電源が ON であるか OFF であるかを判断することができる。これは、学習リモコンノードが赤外線信号を発光するため、うまく小型ヒートポンプが信号を受信しているかどうかをチェックするために使用する。そのため、小型ヒートポンプ以外にも赤外線リモコンで制御できる家庭用機器も流用できるので低コストで制御システムを構築できる。

小型ハウス内に設置したセンサノード (子) から送られてきたセンサデータをノート PC に USB シリアル変換ケーブルで接続されたセンサノード (親) で収集し、センサデータ収集ゲートウェイ (GW) が DBMS 格納プログラムや制御プログラムへセンサデータを受け渡す処理を行う。このセンサデータや制御する値をもとに、条件に合った場合は学習リモコンノードへ小型ヒートポンプのスイッチを ON/OFF する命令を送信し、温度や湿度の制御を行うことになる。ユーザは Web ブラウザ上で制御したい値を設定するだけで、設定した値に温度や湿度を一定に保つよう自動制御を行うことが可能となる、図 2 に実装した web インタフェースを示す。

3.2 センサデータのグラフ化

農業の専門家などが利用できるように、DBMS に格納されているセンサデータをグラフ化する。これにより時間に対するデータの遷移が分かりやすく、比較なども可能となり、センサデータの分析に利用できる。今回は農作物の生育に影響を与えられている小型ハウス内の温度・湿度のデータのグラフ化を行い、Web ブラウザ上で閲覧可能なものとした。実現には、Flash でグラフを生成できる amCharts[7] を利用した。

3.3 制御アルゴリズム

農作物の生育ステージに影響を与えるパラメータには様々な要素があるが、まずは制御システムや制御アルゴリズムの基本動作確認を意識しつつ、影響度が高いと考えられる温度と湿度の制

Development of a Control System for Greenhouse Horticulture Environment Using Wireless Sensor Networks
Satoshi Kushioka[†], Tomoaki Matsuno^{††}, Yoshinori Suzuki[†], Junjo Imahara^{†††}, Mototsugu Suzuki^{†††}, Hiroshi Mineno[†]
[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University ^{††}Graduate school of Informatics, Shizuoka University ^{†††}Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry

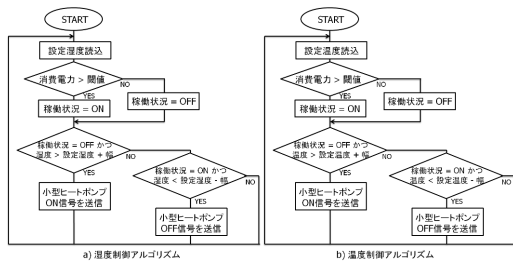


図 3: 制御アルゴリズム

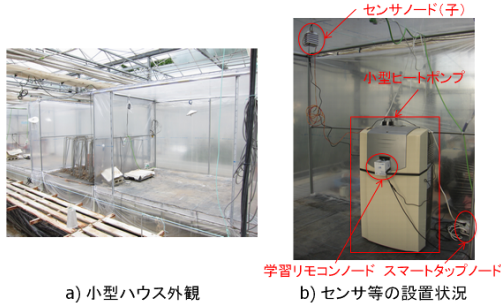


図 4: 実験環境

御ができるシステムを開発した。湿度の場合は低湿度，中湿度，高湿度の3段階のレベルで農作物への影響を分析できるように，農業の専門家と話し合った結果 60%・80%・100% (制御なし) の3段階の固定したレベルで湿度を制御するアルゴリズムを検討した。温度の場合は低温度，中温度，高温度の3段階のレベルで農作物への影響を分析できるように，15度・18度・22度の3段階の固定したレベルで温度を制御するアルゴリズムを検討した。また，夜間は温度が低くなり，湿度は高くなる傾向があるため，小型ヒートポンプの加温機能と除湿機能を使うことで夜間の温度を上げ，湿度は抑えることを想定している。

閾値は今回 20W に設定したが，これは小型ヒートポンプの待機電力や稼働時の消費電力をもとに決定した。制御する機器によって，スイッチの ON/OFF の判断をするために適切な閾値を設定する必要がある。

制御アルゴリズムを図 3 に示す。制御の流れとしては，まずユーザが Web ブラウザ上でどのレベルに温度・湿度を制御するのかを設定する必要がある。その設定された値をセンサデータが送られてくると同時に読み込み，スマートタップノードの消費電力データをもとに小型ヒートポンプが稼働しているかどうかを判断する。そして，稼働状況と計測された湿度，設定された湿度の3つの要素から小型ヒートポンプを ON/OFF する信号を出すかどうかの制御を行う。

4 実験結果

4.1 実験環境

環境構築は静岡県豊田市にある静岡県農林技術研究所のメロン栽培用プラスチックハウス内にある小型ハウスで実施した。小型ハウスの外観を図 4 の a) に示す。

図 4 の b) に小型ハウス内にセンサなどを設置した実際の様子を示す。センサノード (子) は小型ハウス内上部に 1 台設置し，学習リモコンノードは小型ヒートポンプの受光部に直接取り付けした。小型ヒートポンプにはスマートタップノードも設置した。また，小型ハウスの外にはノート PC を設置し，USB で接続されたセンサノード (親) がセンサノード (子) から送られてくるセンサデータを収集した。さらに，小型ハウス内で制御を行った場合とのデータの違いが比較できるように，同様のセンサノード (子) も設置した。

4.2 湿度制御の効果と課題

図 5 に 2011 年 10 月 27 日分の温度と湿度データをグラフ化したものを示す。内，17 時～24 時までは湿度制御システムを 60% で稼働させた。夜間は温度が下がるため，湿度が上昇していることがグラフから分かる。制御期間については，制御を行って

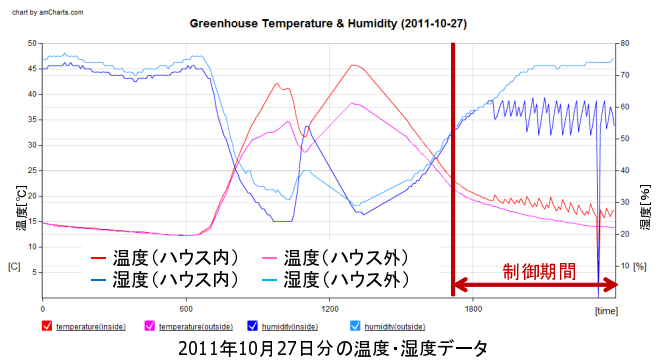


図 5: 湿度制御を行った場合のセンサデータ

いない小型ハウス外のデータを見ると湿度が約 75% まで上昇し続けたのに対し，60% で制御を行った小型ハウス内では 60% 付近で推移させることができた。

しかし，グラフからも分かるようにデータの異常が発生したり，データの欠落が発生したりとデータの収集に関して課題が残される。制御アルゴリズムにも影響があるため，何らかの補正を行う必要がある。また，制御に関しては ON と OFF の切り替えで行っていたため，一定にはならず幅ができてしまっていた。より設定した値に近く制御が行えるように，適切な制御方法について検討していく必要がある。

5 おわりに

本稿では，無線センサネットワークを用いて施設園芸環境向け制御システムを開発し，環境データのグラフ化と小型ヒートポンプを用いた制御について評価を行った。実際に施設園芸環境において制御システムを稼働させデータ収集を行い，湿度・温度の環境データのグラフ化と小型ヒートポンプによって湿度制御できることを確認した。

今後の予定としては，データ収集や制御の課題に対する改善を行いつつ，現在 3 か所の小型ハウス内でメロン栽培とシステムの稼働を行っているため，湿度の違いで生育や品質にどのような影響が出るのか，収集したデータを基に分析を行っていく。また，温度制御システムも利用し，温度はもとより様々な環境データについても分析を行い，農作物と環境データとの因果関係について解明することを目指す。

謝辞

本研究の一部は，科学研究費若手研究 A (21680007) の助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 神成淳司，”特集 新しい 情報学 1. 農業情報学” in 会誌「情報処理」 Vol.51 No.6, pp.635-641, 2010.
- [2] 高辻 正基，完全制御型植物工場，オーム社出版部，in 会誌「情報処理」 Vol.51 No.6, pp.635-641, 2010.
- [3] 農林水産省，植物工場の利点と課題 http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/plant_factory/pdf/ritento_kadai.pdf
- [4] A. Matese et al, ”Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington” in *Computers and Electronics in Agriculture Volume 69*, pp.51-58, 2009.
- [5] BeomJin Kang, et al, ”A Study on the Greenhouse Auto Control System Based on Wireless Sensor Network” in *Security Technology 22*, pp.41-44, 2008.
- [6] Teemu Ahonen, et al, ”Greenhouse Monitoring with Wireless Sensor Network” in *Mechtronic and Embedded Systems and Applications 30*, pp.403-408, 2008.
- [7] amCharts, <http://www.amcharts.com/>