

有線インフラを必要としない圃場向け環境計測システムの開発

村上祐治^{†1} 松本欣也^{†1} 阿久津雅子^{†1}

概要：日本における農業を取り巻く環境は厳しさを増しており、生産性向上や品質確保のために、より一層の工夫が必要とされている。一方、情報通信分野ではセンサネットワーク関連技術の進歩は著しく、安価で安定した品質を確保したオープンソースハードウェアの進展は目覚ましいものがある。本研究では、これらのオープンソースハードウェアを用いて、電源や LAN などの有線インフラがない圃場を対象とした環境計測支援の方法を提案することを目的とする。提案する環境計測システムは、太陽光パネルと蓄電池により電源を賄い、温度および湿度データをセンサにより取得し、機器間を無線化することで任意の位置に設置して利用できるようにした。温度および湿度データは 3G 回線によりインターネットに送信され、WEB サーバで管理し、パソコンやスマートフォンやタブレットなどのマルチプラットフォーム環境でグラフ表示を可能とした。システムを利用してビニールハウスでの 1 ヶ月間の連続稼働実験を行い、性能を評価するとともに今後の可能性を確認した。

キーワード：圃場，環境計測，センサネットワーク，WEB サービス

The development of the environmental monitoring system for farm field with lack of wired infrastructure

YUJI MURAKAMI^{†1} KINYA MATSUMOTO^{†1}
MASAKO AKUTSU^{†1}

Abstract: We developed an environmental monitoring system for farm field with lack of wired infrastructure such as power and/or LAN. A power supply is served by solar panels and rechargeable batteries, the temperature and humidity data are acquired by wireless sensors, therefore the sensor equipment can be placed anywhere. The temperature and humidity data are transmitted through the 3G communication system, managed by a WEB server and visualized with multi-platform environment that consists of PC, Tablet computer and smartphone.

Keywords: Agricultural field, environmental monitoring, sensor network, WEB service

1. はじめに

農作物を生産する際、環境要因による生産量の減少リスクを減らすため、環境の変動を正確に把握し、対策をとることは重要である。

これまで、農業用の環境計測系のシステムが提案されているが^{[1][2]}、近年のオープンソースハードウェアの進展により、安価に入手可能な機器を使った様々なシステムが提案されている^{[3][4]}。本研究では、電源や LAN などの有線インフラを必要としない単独で設置可能な機器を利用した環境計測システムと WEB ブラウザで手軽に確認できる表示システムを開発し、実証実験を通して性能を評価するとともに今後の可能性を示すことを目的とする。

2. 環境計測システムの概要

ビニールハウス内の環境情報を自由に計測する手法を確立するためにセンサを内蔵した「センサノード」と、それからの情報を集約してビニールハウス外のサーバへ情報を

転送する「無線ゲートウェイ装置」からなる装置を製作した。センサノードは電池駆動で、無線ゲートウェイ装置は太陽光パネルと蓄電池によりなり、電源のない場所でも 3 ヶ月の連続稼働が可能な仕様とした。

ビニールハウス内の 5 個所にセンサノードを配置し、無線ゲートウェイ装置を 1 個所配置した。センサノードおよびゲートウェイ装置はすべて無線でやり取りを行い、有線部をなくすことで、ビニールハウス内の農作業時の障害としないよう配慮した。

5 個所のセンサノードは、同時に計測され、データは 1 分間隔でインターネットを経由してサーバに送信される。

サーバへ送信された情報は、ストレージに格納され、農家の方が自宅等で簡易に計測データを見ることができるようにした。グラフは 1 ヶ月、1 週間、1 日の単位で切り替えて見ることができ、表形式で数値情報を表示することができる。表示には WEB ブラウザを利用することで、パソコンやタブレット、スマートフォンなどのマルチプラットフォーム環境下で利用可能である。

本システムは、図 1 のような構成で、一ヶ月間、実際のビニールハウスにおいて、装置を設置した実証実験を行った。

^{†1} 東海大学
Tokai University

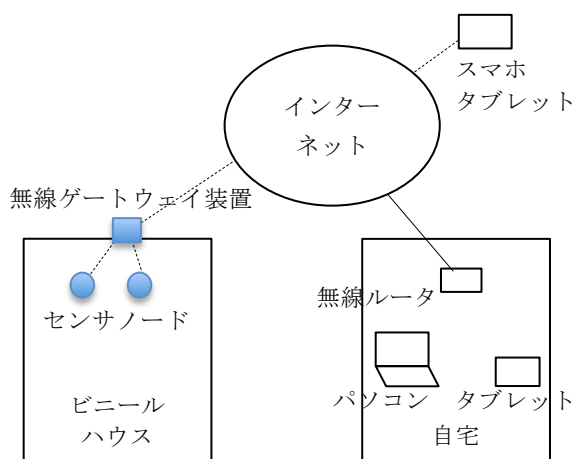


図1 全体のシステム構成

3. 環境計測システムの仕様

3.1 センサノード

前節の仕様から、各地点の温湿度を測定する無線センサノードを11台製作した(図2)。情報量は少ないが長期間の無線データ伝送を実現するため、低消費電力の特長をもつ無線デバイスXBeeを採用した。XBeeに内蔵されるA/D変換器を使うことで、外部のマイコンが不要なためセンサノードを低コストかつ低消費電力で構成することができた。XBeeのスリープ機能を使った間欠動作により、鉛蓄電池6V-9Ahで3ヶ月間の連続動作が可能である。

また、屋外への設置に配慮してホットボンドを使った簡易防水加工を行った。温度センサへの直射日光を遮るためアルミ箔による日除けを取り付けた。



図2 製作したセンサノード

3.2 無線ゲートウェイ装置

無線ゲートウェイ装置(図3)は、1台あたり6台までのセンサノードの計測データをインターネット上のWEBサーバへ転送する。



図3 製作したゲートウェイ装置

情報インフラが未整備の圃場での運用のために独自の無線サービスを運用することは高コストであるため、3G携帯電話サービス網への接続が可能な無線デバイスを利用した。図3の装置は、マイコンにArduinoを使い、XBeeと3Gの2種類の無線デバイスへの送受信が可能である。

無線ゲートウェイの動作は、起動後に3Gデバイスの初期化を行った後、センサノードからの受信信号待ちのループに入る。センサノードからのデータが到着すると、XBeeの番号を特定し、最新のデータ値が更新される。内部に蓄えられた最新のデータ値は、10分以上経過するとデータ無しを示す特別な数値に置き換えられる。これにより、センサノードとの通信が不良になると、しばらくしてではあるが異常を検出できる。なお、図3の無線ゲートウェイ装置自身の通信が遮断した場合は、データ自体が届かないためどちらの無線通信エリアで障害が起こったかを区別できるよう設計した。

3.3 グラフ表示システム

(1) グラフ表示システムの構成

無線ゲートウェイ装置より送られたデータは、WEBサーバ内に格納される。グラフ表示システムは、WEBサーバに格納されたデータを取得し、グラフとして表示する。

システムはHTML5をベースに、Javascript言語により開発されており、パソコン(Windows, mac)、タブレットおよびスマートフォン(iOS, android)のマルチプラットフォーム環境下で稼働する設計となっている。ソース・プログラムは同じものを利用しており、ソースコードを一切変更せずにそれぞれのブラウザ上で表示可能となっている。

システム構成を図4に示す。サーバサイドではPHP言語のgetGraph.phpにより温度および湿度のグラフの基になるデータを取得する。これをjavascriptのgraph.jsによりAJAXを使って取得する。取得されたデータはグラフ作図関数を呼び出すことで、グラフを表示している。

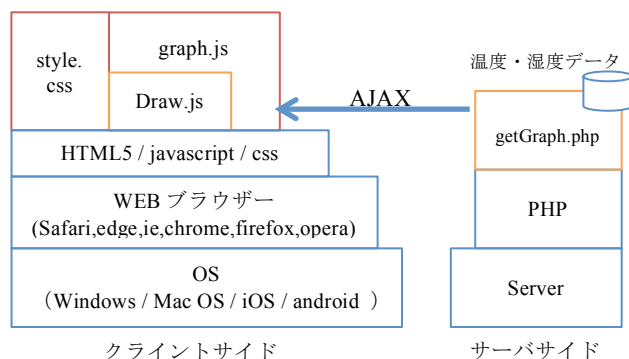


図4 グラフ表示システムの構成

(2) CANVAS 用描画ライブラリー

グラフ表示は, Draw.js という HTML5 の canvas 用描画ライブラリーを利用した。本ライブラリーは, HTML5 の機能である canvas 上への描画関数のラッパーの役割をしており, 以下の機能を有する。

① 簡易描画機能

canvas に対して, 以下の基本図形を描画する。

線分, 折れ線, 長方形, 円, 円弧, 文字, マーカー
線属性 (色, 破線・一点鎖線などの線種, 太さ, 影),
FILL 属性 (色, 透明度), TEXT 属性 (色, 大きさ)

② ペン管理機能

①の線の各属性をペンという形で管理

③ マルチビューポート管理機能

ワールドスペースを設定し, その中に描画された図形が, canvas 上の任意の位置に表示されるビューポート機能を作成した。このビューポートは, 一つの canvas の中に複数管理することができる。図5は, ワールドスペースとビューポートの変換を説明したものである。

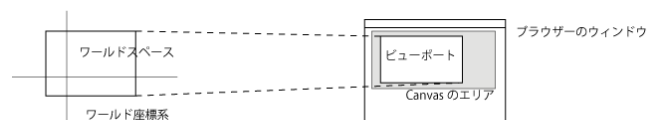


図5 ビューポート管理機能

④ グラフ作成機能

タイトル, 余白, 目盛りなどを設定することで, 簡易に折れ線グラフを作成する機能を有する。折れ線グラフはグラデーション色も指定可能である。

(3) 温度および湿度のグラフ表示

温度および湿度のグラフは, 5 個所のセンサノードをボタンメニューで切り替えながら表示する。温度のみ, 湿度のみ, 温度・湿度両方の切り替えが可能である。表示期間は, 30 日, 7 日, 1 日を画面上でクリックすることで順次切り替えて表示する。30 日および7 日のグラフでは温

度および湿度のデータは1時間の平均値として表示する。

1 日グラフでは10分の平均値として表示する。

1 日の温度および湿度については, 数値データ (1 分刻み, 10 分平均, 1 時間平均) を画面上に表形式で表示する。これを表計算ソフト等にコピーし, 分析などのデータとして活用することができる。

4. 実証実験

4.1 実証実験の環境

実証実験は, 大学構内での予備実験後, 熊本県富合町のビニールハウスで運用実験を行った。

図6に示すようにビニールハウスの外に上下2箇所, 入り口部分に上下2箇所, ビニールハウス内部上部1箇所の合計5台のセンサノードを設置し, 入り口部分に無線ゲートウェイ装置を設置した。

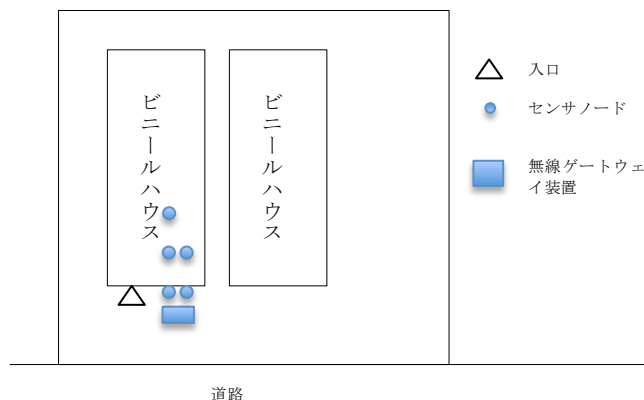


図6 ビニールハウスへの装置の設置

図7左がカラー (*Zantedeschia aethiopica*) を栽培しているビニールハウスであり, 入口右手 (図7破線枠内) が, 無線ゲートウェイ装置を設置している様子である。



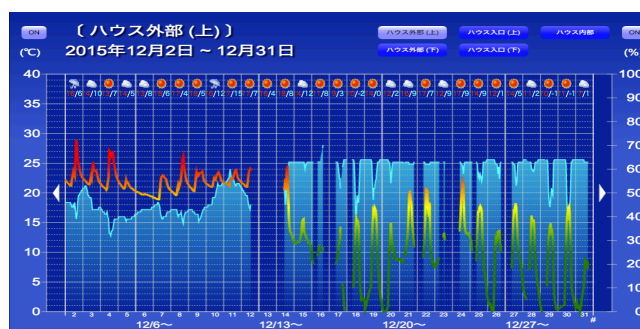
図7 ビニールハウスへの設置

4.2 実証実験の結果

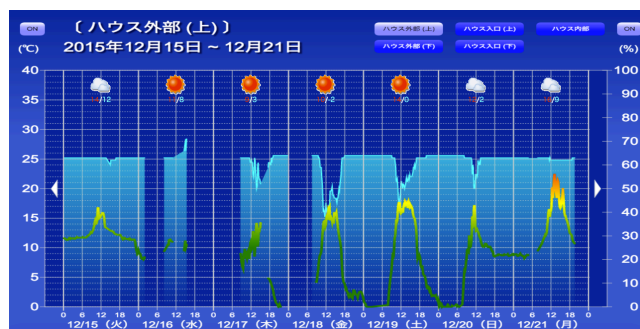
カラーを栽培するビニールハウスにおいて、センサノードおよび無線ゲートウェイ装置を設置し、WEB サーバへ温度および湿度データが送信し、蓄積されたデータを WEB ブラウザーで表示することができた。

グラフで折れ線部分が温度で 20 度を超えると赤色に、10 度から 20 度の間は黄色、それ以下の場合緑色となるようなグラデーションにより表現される。湿度は水色の塗り潰し領域として表現される。

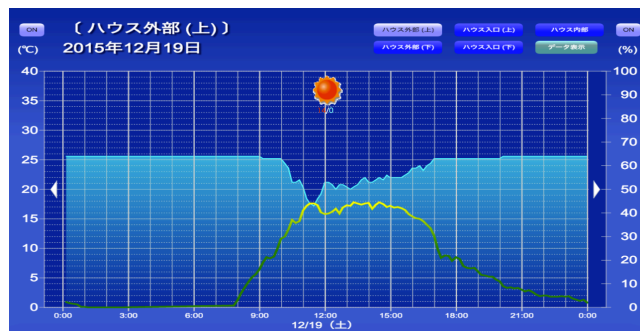
図 8 では、30 日間、7 日間、1 日間の実証実験のグラフを表示している。30 日において、最初の 11 日間は、大学構内の温度と湿度である。13 日目以降は、ハウス入り口（外）の温度および湿度を表示している。途中グラフが途切れている部分は、蓄電池の容量が足りずに無線ゲートウェイ装置からインターネットにデータが送信されなかったところである。図 9 は、数値データの表示結果である。



30 日間の表示



7 日間の表示



1 日間の表示

図 8 温度および湿度のグラフ表示

データ表示 10 分間 (前 10 分の平均)

1 分間 10 分間 1 時間間

2015 年 12 月 19 日

年	月	日	時	分	秒	温度 (°C)	湿度 (%)
2015	12	19	00	09	54	0.9	64.4
2015	12	19	00	19	28	0.7	64.4
2015	12	19	00	29	01	0.6	64.4
2015	12	19	00	39	50	0.5	64.4
2015	12	19	00	49	24	0.1	64.4
2015	12	19	00	59	58	0.1	64.4
2015	12	19	01	09	43	0.0	64.5
2015	12	19	01	19	15	-0.1	64.5
2015	12	19	01	29	59	-0.1	64.5
2015	12	19	01	39	37	-0.3	64.5
2015	12	19	01	49	08	-0.3	64.5
2015	12	19	01	59	52	-0.5	64.5
2015	12	19	02	09	29	-0.5	64.5
2015	12	19	02	19	58	-0.2	64.5
2015	12	19	02	29	41	-0.2	64.5

図 9 1 日の数値データの表示結果

5. システムの課題と今後の展望

本システムを 1 ヶ月間、運用した結果、センサノードで計測した温度および湿度のデータを、WEB ブラウザーによりマルチプラットフォーム環境下でグラフを表示することができた。

1 ヶ月、1 週間、1 日という異なる期間を切り替えながら、グラフを表示できることを確認した。ブラウザー上でのグラフィック表現であるため、切り替えを素早く行うと若干のタイムラグはあるものの、全体としてはスムーズな表示ができています。ただ、操作性に関する実際の利用者の声を聞くことはできていないため、今後は農家の方への利用を通して、機能面、操作面で評価を行う必要がある。

本システムは、太陽光パネルを使い蓄電池に蓄えた電力を利用しており、あらかじめ想定した日照不足期間を超過するとインターネットへの送信が途切れる。圃場での運用においては、地域の日照量を考慮し、適切な太陽光パネルと蓄電池の容量を検討する必要がある。

6. おわりに

有線インフラを必要としない圃場の環境計測のシステム構築を試み、一定の成果を上げることができた。今後は、無線ゲートウェイ装置の電力を確保するとともに、グラフ表示の操作性を実際の農家の方のヒアリングを通して改善していく予定である。

謝辞 本研究は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）より助成を受けている。また、本委託研究共同研究者である ユニバーサリー電工株式会社の石淵聡一郎氏には、ビニールハウスの設置環境の整備に尽力頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 深津時広, 平藤雅之. 圃場モニタリングのためのフィールドサーバの開発. 農業情報研究 12(1) (2003)
- [2] 平藤雅之. フィールドサーバによるセンサネットワークとユビキタス環境, 農業機械学会誌第 66 巻第 4 号(2004)
- [3] 佐藤裕樹, 諏訪敬祐. ワイヤレスネットワークの環境モニタリングへの適用. 情報処理学会研究報告(2008)
- [4] 安場健一郎, 星岳彦, 金子壮, 東出忠桐, 大森弘美, 中野明正. オープンソースハードウェアを利用した環境計測ノードの構築, 農業情報研究 22(4)(2013)