

## 研究論文

## インターネットを活用したセンサネットワーク制御システムの開発

浅井 徹\*<sup>1</sup>、松生秀正\*<sup>1</sup>

## Development of Sensor Network Control System using Internet

Tohru ASAI\*<sup>1</sup> and Hidemasa MATSUO\*<sup>1</sup>Industrial Technology Division, AITEC\*<sup>1</sup>

イーサネット変換器を使い、インターネットを介したセンサ情報の送信や、制御信号の受信により機器制御が行えるシステムを開発した。まず、PICNIC (Tristate 社製) と無線 LAN 機器を用いたハードウェア機器とデータの収集や管理を統合的に行うソフトウェアの開発を行い、農業用温室の環境モニターシステムとして実証実験を行った。さらに、WiPort (LANTRONIX 社製) を用いたハードウェア機器を開発して小型化を図るとともに、計測温度の分解能を向上させた。

本システムは、低コストでセンサの追加・変更にも柔軟に対応が可能であり、メンテナンスが容易である特徴を持つものである。

## 1. はじめに

農作物の生育は、温度をはじめとした周りの環境要因に影響を受けやすく、環境情報の定期的な収集及び管理は非常に重要である。しかし、管理作業は手作業に頼ることが多く、非常に手間がかかるため、きめ細かいデータの収集や状況変化への迅速な対応が困難である。これらを解決するため、栽培地において同時に多地点の環境情報を効率的に収集・蓄積するとともに、環境情報に基づいて、どこからでもリアルタイムに換気等の機器を遠隔制御できるシステムが求められている。

そこで本研究では、インターネット技術を活用して同時に多点でかつ効率的に環境情報の収集・蓄積を行い、機器の遠隔制御をどこからでもリアルタイムにできるユビキタス方式による制御システムの開発を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 システムの概要

## 2.1.1 ハードウェアの開発

センサ信号をネットワーク信号に変えるためのイーサネット変換器を活用した計測・制御用機器の開発を行った。具体的には、ワンチップマイコン (PIC) とイーサネットコントローラが組み合わされたボード (PICNIC、Tristate 社製) を使い、無線 LAN とセンサ回路部分などから構成される機器を製作した。製作した機器を図 1 に示す。無線 LAN 機器は市販のものを使用し、センサ回路は前年度の研究<sup>1)</sup>において製作した信号処理回路を活用した。



図 1 製作した計測・制御用機器

PICNIC にはアナログ入力ポート及びデジタル入出力ポートがある。アナログデータの収集に際しては、センサからのアナログ入力信号を PICNIC のアナログ入力ポートおよびイーサネット変換器を介して LAN 上へ送信することでネットワークを介してデータ収集を行った。また、制御については、PICNIC のデジタル入出力ポートを介してリレーを動作させ、AC 及び DC 電源の導通・非導通状態の切り替えを行って制御する仕組みとした (図 2)。

## 2.1.2 ソフトウェアの開発

データ収集と制御を行うため統合管理ソフトウェアを開発した。ソフトウェアの画面構成を図 3 に示す。このソフトウェアは Windows XP 上で動作する。製作したハードウェアに対して通信プロトコルの一種である UDP 及び TCP で接続を行うことで遠隔操作によるデータの収集及び制御の動作指示等を行う。開発したソフト

\*1 工業技術部 機械電子室

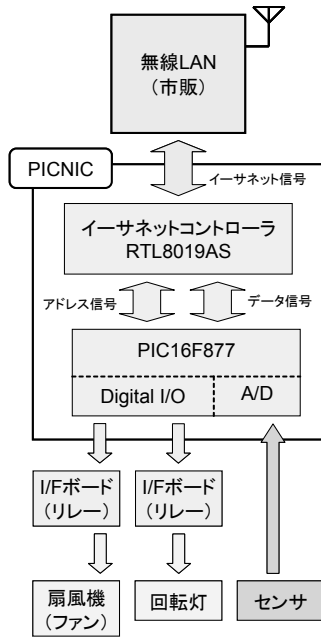


図2 計測・制御用機器の回路構成

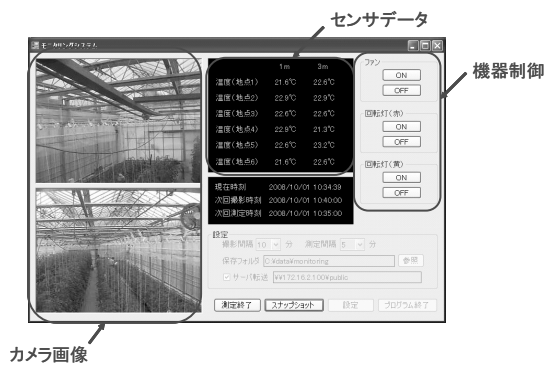


図3 管理用ソフトウェアの画面構成

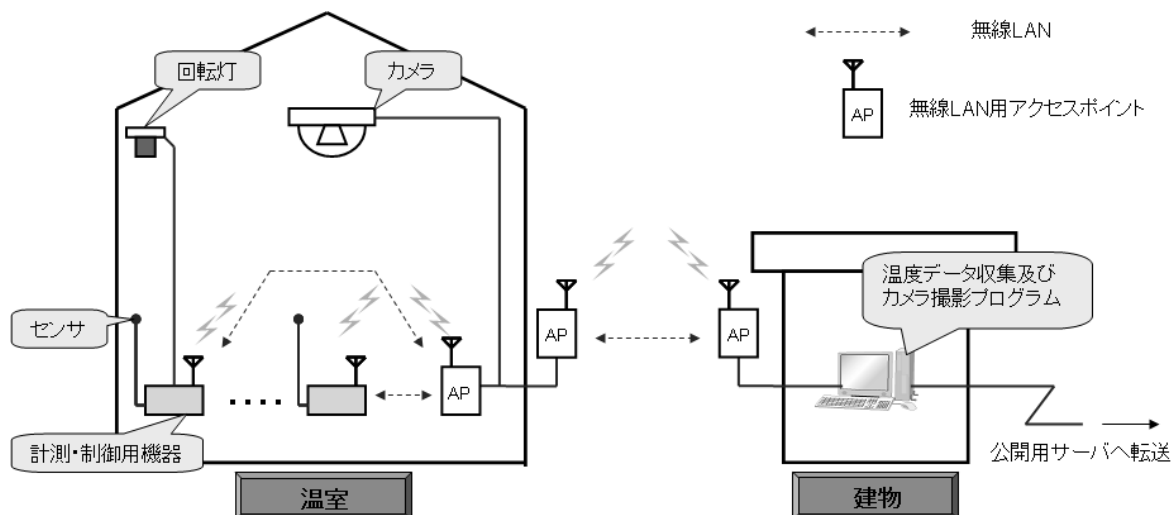


図4 センサネットワークの構成概要図

ウェアは、以下の機能を持つものとした。

- 1) 一定時間間隔ごとに機器にアクセスしてセンサデータを収集する
- 2) 一定時間間隔ごとにネットワーク対応のカメラ画像を収集する
- 3) 収集したデータをパソコン内に保存・蓄積する
- 4) 手動により計測・制御用機器に接続された電気機器のON/OFFを行う

## 2.2 実証実験

開発したハードウェア及びソフトウェアによるセンサネットワークの実証実験を愛知県農業総合試験場内のトマト栽培温室で行った。その構成概要図を図4に示す。

製作した計測・制御用機器を図5のように温室に6箇所設置し、各箇所の高さ1mと3mの位置に温度センサを取り付けた。また、計測・制御機器の一部には回転灯とデモ用扇風機の電源を接続した。他にもネットワークカメラを設置することで温室の様子が見えるようにした。図6は、これらの設置の様子を示したものである。温室から離れた建物内に据置されたパソコンの計測プログラムにより、温度データやカメラ画像の収集とパソコン内へのデータの蓄積、さらに計測・制御用機器に接続されたデモ用扇風機や回転灯のON/OFFを行う。

実証実験は平成20年9月からスタートし、改良を重ねながら半年間ほぼ連続して稼働させた。各温度センサ設置箇所の高さ1m及び3mの温度データを5分ごとに収集、保存した。また、ネットワークカメラの画像は10分おきに保存した。

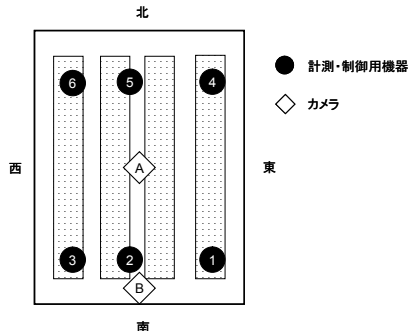


図5 計測・制御用機器の設置箇所

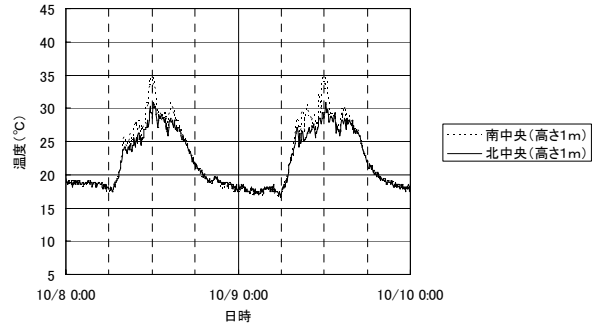


図8 南北の違いによる温度測定結果の比較

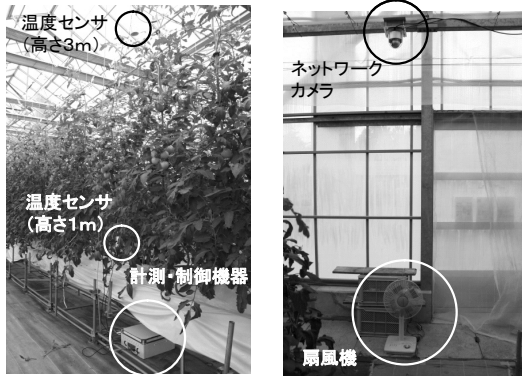


図6 計測・制御用機器等の設置の様子

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 温度測定結果

図7は、温室の南西部分(図5における3番の位置)における10月時点での2日間における高さ1mと3mの温度変化をグラフにしたものである。2日間とも晴天日であり、日中は温室の下部(1m)より上部(3m)の方が高く、夜間についてはほとんど差がない。また、夕方に温度差があまり見られないのは、南北方向にトマトが植えられており、昼間は南側にある葉により遮光されるものの、夕方には障害物がない西側から日差しが直接当たるのが原因と思われる。

図8は、同じ日の北側中央と南側中央の同じ測定高さについて比較したものである。北側よりも日当たりのよい南側の方が高温になることを確認できた。

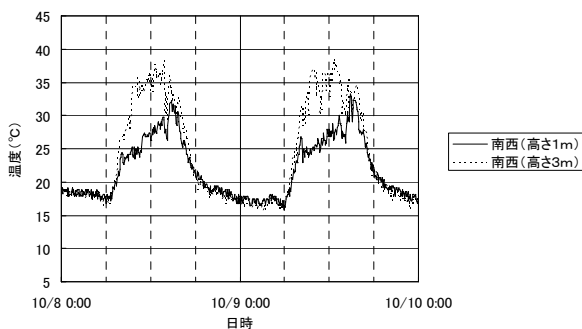


図7 測定高さの異なる温度測定結果の比較

このように温室の内部の温度状況を知ることができたが、データの欠落がわずかではあるが見受けられた。これは通信プロトコルとしてUDPを使用しているため、パケットロスが発生したことによりデータが届かなかったことが原因と思われる。

#### 3.2 ハードウェアの改良

PICNICを利用した機器は有線での接続しかできないため、無線で通信を行うには市販の無線LAN機器を別に使用する必要がある。このため、機器の筐体のサイズが300mm×300mmと大きいものとなった。また、PICNICに付属しているA/D変換の分解能が10bitのため、温度の分解能は常温の範囲では約0.3度となり、実際の温度測定精度としては十分とは言えない。そこで、これらの問題点を解決するためにハードウェアの改良を行った。

小型ながらシリアル信号をイーサネット信号に変換する機能と無線LAN機能をあわせ持つWiPort(LANTRONIX社製)の利用を検討した。WiPortはデジタル入出力を持つが、A/D変換機能を持ち合わせていないためアナログ入力はない。そこで、外部に12bitの分解能を持つA/D変換を回路に組み込み、デジタル化されたデータをシリアルポートに入れることで、アナログデータを送信できるようにした(図9)。

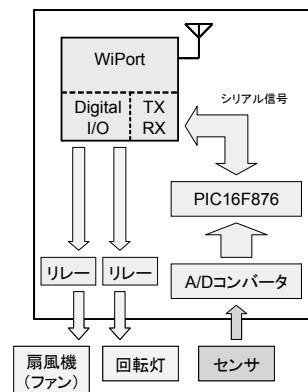


図9 改良機器の回路構成

図10は、改良した計測・制御用機器である。図11に示すとおり、機器のサイズは130mm×180mmまで小さくすることができ、また、温度センサの分解能を約0.1度まで改善することができた。

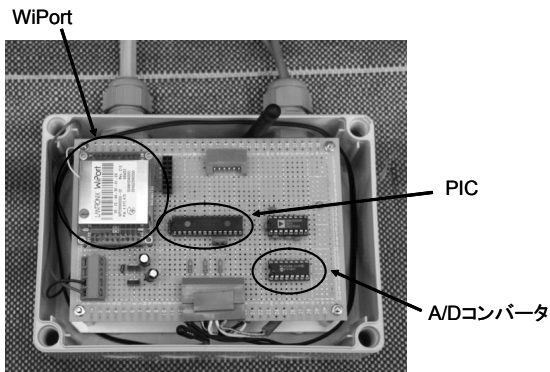


図10 改良した計測・制御用機器

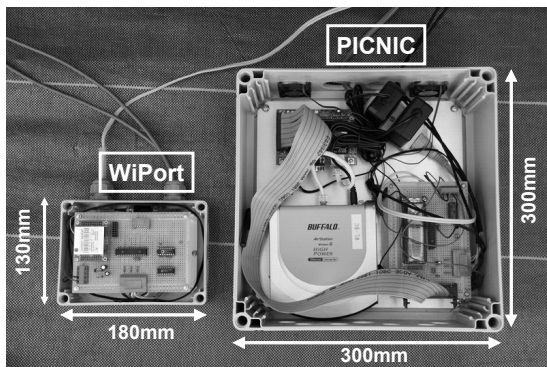


図11 機器サイズの比較（左が改良後）

この改良した機器を温室内に設置し、同様に遠隔温度計測実験を行った。平成21年2月中旬に一週間連続してデータ収集を行い、そのうちの2日分をグラフ化したものが図12である。夜中に温度が上下するのは、温湯暖房により温度が10℃～15℃の範囲に保たれていることによる。

また、WiPortではTCP通信によりデータ収集を行っ

ているため、データ欠落の問題も見られなかった。

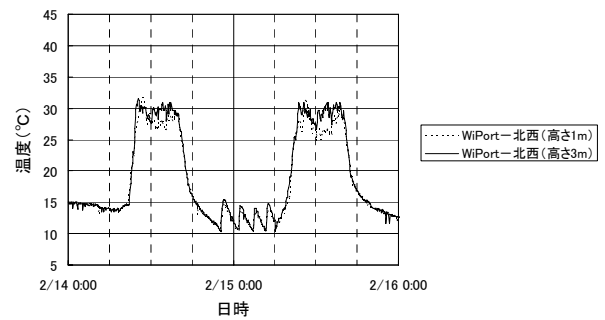


図12 改良計測・制御用機器による温度計測結果

#### 4. 結び

市販のイーサネット変換器を利用することでインターネットを介したセンサネットワークを構築し、トマト栽培温室で実証実験を行った。本システムは、同時多点測定が可能にもかかわらず、安価にシステムを構築できることが特徴である。

また、測定機器の小型化を図り、分解能を向上させることで、小型で精度のよい測定システムとすることができた。

今後は、この構築した温度測定システムをもとに温室内の循環扇や天窓といった実際の栽培管理機器の制御を行い、温室内の温度制御を効率的に行うためのシステム開発を検討していく予定である。

#### 謝辞

本研究は、愛知県農業総合試験場、豊橋技術科学大学との共同研究として行われた。特に、温室における実証実験にあたっては、愛知県農業総合試験場園芸研究部野菜グループ川嶋主任研究員及び志知主任研究員にご協力いただいたことに深く感謝いたします。

#### 文献

- 1) 松生、浅井：愛知県産業技術研究所報告，7，44(2008)