

# 無線センサネットワークを利用した 農業支援環境の見える化に関する実装と評価

松野 智明<sup>†</sup> 増井 崇裕<sup>†</sup> 安部 恵一<sup>†</sup> 峰野 博史<sup>†</sup> 大須賀 隆司<sup>‡</sup> 水野忠則<sup>†</sup>

<sup>†</sup>静岡大学情報学部 <sup>‡</sup>静岡県農林技術研究所

## 1 はじめに

近年、日本農業において、農業従事者の高齢化と後継者不足を原因とする、農業技術の伝承の困難化が問題となっている [1]。この課題を解決するための取り組みとして情報技術による農業支援が研究されている。これは情報技術により、農業技術を形式知化しようとするものである。これまで熟練農家の「経験」や「勘」に基づく様々なノウハウ等の「暗黙知」はマニュアル化が困難であった。このような「暗黙知」を情報技術により「形式知」に置き換えることで、技術の伝承に役立てる事を目的にしている。

形式知化の取り組みには、多種多様な環境データが必要となる。温度・湿度・土壌成分といった測定項目の多様さはもとより、細やかに高密度なデータ計測も重要な要素となる。作物の成長具合や環境はそれぞれ異なるため、熟練農家は1つ1つの作物に対してその都度適切な判断処理を行っている。このような理由により、熟練農家が持つノウハウの形式知化のためには、作物の1つ1つに対してデータ収集を可能にする高密度なデータ収集環境が必要である。

そこで本稿では施設園芸における高密度無線センサネットワークを用いたデータ収集環境の構築と、ウェブブラウザを用いた取得センサデータの見える化システムの実装と評価を行う。

## 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。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。屋内で栽培を行うレタスなどに関しては、既にモデル化が可能になっており、生産も行われている。しかし、屋外では太陽光や風などのパラメータが増えるためモデル化が困難になっているのが現状である。

屋外の圃場を対象にした研究にフィールドサーバ [2] がある。フィールドサーバは、カメラとセンサと通信装置を一体化した、屋外用の簡易計測機器システムである。フィールドサーバは普及が期待されたが、圃場のモデル化に数年掛かり、圃場のモデルはデータを取得した圃場でしか利用できないレベルであった。原因の一つとしては取得データの粗さが挙げられる。

前章で述べた農業技術の伝承という観点からの取り組みが AI 農業である [3]。AI 農業では多数の熟練農家の判断処理を集積したデータ群から確からしい判断処理のアウトプットを求めることで、新規就農者にも比較的安定した農場運営が可能となる。AI 農業の展開に関しては農林水産省が中心のプロジェクトが進行中であり、内閣府の知的財産推進計画 2010 にも詳細施策として取り上げられている。

海外では大規模な農場におけるセンサネットワークを用いたモニタリングシステムが数多く検討されている [4]。一方で、形式知化や自動制御には関心が薄いのが現状である。

以上を踏まえ、形式知化を目的とした屋外におけるセンサネットワークが求められている。そのためには時間・次元・空間的に高密度なデータ収集の実現が不可欠である。



図 1: プラスチックハウス外観・内観

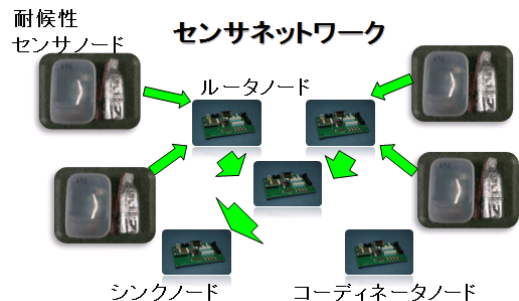


図 2: ネットワークトポロジ

## 3 施設園芸向けマルチベンダセンサシステム

### 3.1 データ収集環境の構築

環境構築は静岡県磐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で実施した。プラスチックハウスの概観と内観を図 1 に示す。

本実験では無線センサ通信方式に ZigBee を採用した。無線センサネットワークを用いてデータ収集環境を構築することで、大量のセンサを比較的容易に設置できる。図 2 に示すネットワークトポロジを構成し、中継ノードを増減・移動させることでセンサ位置を変更することなく、通信の品質向上を狙えるよう工夫している。

センサネットワークの構築には、株式会社ルネサスソリューションズ製 ZigBee/802.15.4 評価ボード、同社製センサボードをノードとして使用した。耐久性の問題から、バッテリーやボードを密閉容器に入れ、センサを外へ引き出す形をとった。また、むき出しになっているセンサ基盤の保護にはラジエーションシールドを使用している。なおバッテリーの関係で週 1 回の電池交換を行っている。

図 3 にプラスチックハウス内のセンサ配置図を示す。前述のプラスチックハウスに 4 列 × 5 列 = 20 台の温湿度センサノードを格子状に配置した。データの欠落といった無線通信の信頼性低下を和らげるため、2 つの Zigbee PAN を構成している。

### 3.2 農業支援環境の見える化

見える化を行うシステムの概念図を図 4 に示す。取得したセンサデータはプログラムを介して DBMS へと格納され、ユーザは Web ブラウザを使いこのデータにアクセスを行う。この時、動画やグラフといった専門知識がなくとも分かりやすい形での閲覧を可能にする。マルチベンダのセンサネットワークでも DBMS へデータを格納できれば、センサネットワーク毎の違いを意識することなく利用できる。これにより、異種のセンサネットワーク間での比較などが容易に実現できる。それに加え、DBMS への

## Development of Visualization for Agro-Environment Using High-Density Wireless Sensor Networks

Tomoaki Matsuno<sup>†</sup>, Takahiro Masui<sup>†</sup>, Keiichi Abe<sup>†</sup>, Hiroshi Mineno, <sup>†</sup>Ryuuji Oosuka, <sup>‡</sup>Tadanori Mizuno.<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Faculty of Informatics, Shizuoka University <sup>‡</sup>Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry

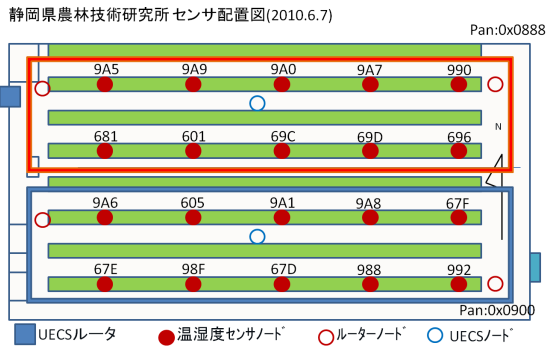


図 3: センサ配置図

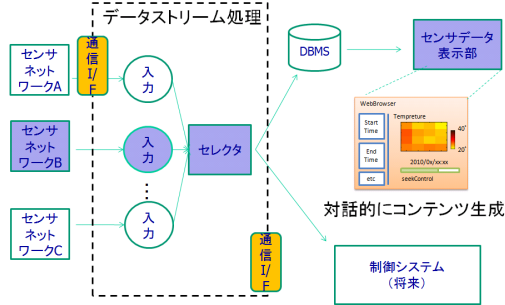


図 4: 見える化の概念図

格納プログラムは入力部分だけを変更すれば再利用できる。ここで、異種のセンサネットワークを連携して利用できるシステムをマルチベンダシステムと定義する。また将来的には、制御などを考えたときリアルタイム性を重視する処理を行う必要が出てくる。そのため、DBMS への格納と制御への振り分けを利用できるようにもしなければならない。

無線センサネットワークではデータ収集を環境依存の大きい無線通信で行うため、データの欠落の発生が想定される。原因としては成長した植物の影響や周囲の電波状況など様々な原因により引き起こされる。その時、センサデータの抜けに対して補完を行う仕組みが必要になる。高密度にデータを取得していれば、周囲のデータの平均値を割り当てるなどの処置が可能である。これらを解決する補完や補正の仕組みも見える化の部分で対処する。

## 4 実験結果

### 4.1 システムの構築

マルチベンダセンサシステムを実現するために、今回構築したセンサネットワークと UECS システムに対して、データの DBMS 格納プログラムを作成した。設計した通り、入力モジュールを追加するだけで、簡単に拡張することが出来た。また、入力データによって別処理を行う分岐の拡張も行った。

センサデータの見える化に関しては、図 5 に示すように、Web ブラウザからパラメータを与え、動画とグラフを生成するシステムを作成した。実現には PHP とグラフエンジン amCharts、動画エンジン FFmpeg を利用している。

データ抜けに対する補完は周囲データの平均値を割りあてるシステムを作成した。図 6 に示すように、抜けの多いデータに対し大きな効果があった。

### 4.2 補正の課題

課題としては図 7 に示すように、種類の異なるセンサの取得データを比べたところ、センサデータのずれが生じていることが分かった。使用したセンサは、今回用いたセンサノードと既存設置の UECS ノードである。本環境では、信頼性の高い UECS データを正解データとし、何らかの補正を行う必要性がある。本来は、環境データを収集する際には、ファンなどで気流を確保し、太陽光が当たらない場所にセンサを設置しなければならない。しかし、高密度センサネットワークにおいては、場所などのコストが十分でない場合が多い。そのため、取得データのずれをある程度許容し、補正を掛けて真値に近づける工夫が必要になる。こ

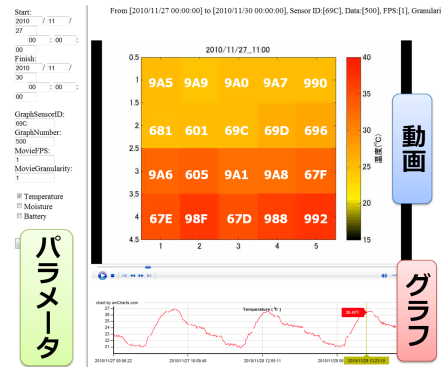


図 5: 動画化とグラフ化

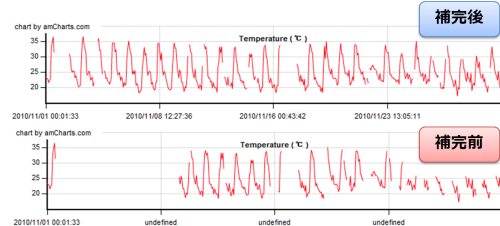


図 6: データの補完

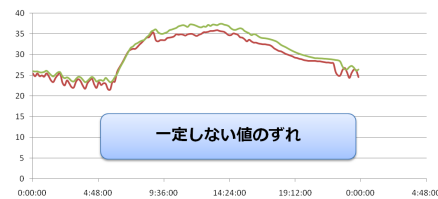


図 7: センサデータのずれ

れは、周囲環境の動的な変化により、単体のセンサに対する校正だけでは対応できない問題である。

## 5 おわりに

本稿では、施設園芸における高密度センサネットワークを構築し、取得データの見える化について実装を行った。細やかなデータ収集の実現を行い、分かりやすい表示を行うことで、熟練農家の技術の形式知化に大きく貢献できる。

今後の予定としては、データ補正に関して照度センサを追加し、太陽光の強さによって補正の重み付けを行う。その後は、取得するセンサの種類を増やしてより多次元でのデータ収集が挙げられる。空間的に 3 次元に設置することで気流の流れといったことが分かるようになる。最終的には、取得したセンサデータを農業やマイニングの専門家と活用し、形式知化や自動制御を目指す。

## 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] Hiroshi MINENO et al, "Development of a Wireless Sensor Network for Visualizing Agricultural Knowledge" in *Intelligent Decision Technologies*, pp.277-284, 2010.
- [2] 平藤雅之, "フィールドサーバ 畑を計測し見張る" in 農林水産省委託 IT 研究プロジェクト「データベース・モデル協調システムの開発」成果発表会, 2005.
- [3] 農林水産省, 農業分野における情報科学の活用等に係る研究会報告書, A I 農業の展開について, 2009 <http://www.maff.go.jp/j/press/>
- [4] A. Matese et al, "A wireless sensor network for precision viticulture: The NAV system" in *Computers and Electronics in Agriculture Volume 69*, pp.51-58, 2009.